



## Appendix A: Brancheprofil og miljøproblemer

Riisgaard, Henrik; Dalby, Brian

*Published in:*  
Spredning af renere teknologi i industriel overfladebehandling

*Publication date:*  
1995

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Riisgaard, H., & Dalby, B. (1995). Appendix A: Brancheprofil og miljøproblemer. I K. Behrndt (red.), *Spredning af renere teknologi i industriel overfladebehandling* (s. 89-124). Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen. Arbejdsrapport: Miljøstyrelsen Nr. 25

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 25 1995

Spredning af renere teknologi i  
industriel overfladebehandling

**Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen**  
**Nr. 25 1995**

**Spredning af renere teknologi  
i industriel overfladebehandling**

Klaus Behrndt (red.)  
Danmarks Tekniske Universitet.  
Enheden for Teknologivurdering

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

# Indhold

	<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Evaluering af renere teknologi projekterne</b>	<b>10</b>
2.1	Bevillinger til branchen for overfladebehandling	10
2.2	Gennemgang af de 27 evaluerede projekter	13
2.3	Behandlede miljøproblemer og vurdering af det valgte fokus	34
2.4	Det teknologiske og miljømæssige projektudbytte	37
2.5	Driftserfaringer og effekt på arbejdsforhold	41
2.6	Projekternes økonomi	42
2.7	Motivation for at indgå i projektet	42
2.8	Aktører og innovation i branchen	43
2.9	Spredning af information om projekterne	45
<b>3</b>	<b>Spredningsundersøgelsen</b>	<b>46</b>
3.1	Udvælgelse af virksomheder	46
3.2	Fordeling indenfor delbrancher	47
3.3	Miljøforhold	49
3.4	Kendskab til renere teknologi	49
3.5	Holdning til miljø	53
3.6	Interesse for og erfaringer med renere teknologi	56
3.7	Spredning af konkrete typer renere teknologi	58
3.8	Spredningens sammenhæng med virksomhedskarakteristika	63
3.9	Fremtiden i området for overfladebehandling	66
<b>4</b>	<b>Reduktion i miljøbelastninger</b>	<b>69</b>
4.1	Miljøbelastninger ved galvanisering	70
4.2	Effekten af renere teknologi inden for galvanisering	70
4.3	Vurdering af indsatsen inden for galvanisering	71
4.4	Miljøbelastninger ved varmforzinkning	73
4.5	Effekten af renere teknologi inden for varmforzinkning	74
4.6	Vurdering af indsatsen inden for varmforzinkning	75
4.7	Miljøbelastninger ved organisk overfladebehandling	75
4.8	Effekten af renere teknologi inden for organisk overfladebehandling	76
4.9	Vurdering af indsatsen inden for organisk overfladebehandling	79
<b>5</b>	<b>Sammenfatning</b>	<b>81</b>
5.1	Branchens fremtid og livscyklusperspektiv	81
5.2	Erfaringerne sammenholdt med andre reguleringsmuligheder	82
5.3	Aktører og innovation i branchen	82
5.4	Nøgletal og fremtidens nøgleparametre	84
5.5	Teknologiske overfor strukturelle løsninger	86
5.6	Faglige ekspertgrupper	86

<b>Appendix A</b>	<b>Brancheprofil og miljøproblemer</b>	<b>89</b>
<b>Appendix B</b>	<b>Nøgletalsundersøgelse</b>	<b>125</b>
<b>Bilag 1</b>	<b>Spørgeskema til spredningsundersøgelsen</b>	<b>157</b>
<b>Bilag 2</b>	<b>Driftsrelaterede nøgleparametre i galvano</b>	<b>175</b>
<b>Bilag 3</b>	<b>Tungmetalbelastningen fra galvano</b>	<b>178</b>
<b>Bilag 4</b>	<b>Spørgeskemaundersøgelse udført af DGU</b>	<b>179</b>
	<b>Litteraturliste</b>	<b>182</b>

# Forord

Denne arbejdsrapport om industriel overfladebehandling på metal er en af de 6 rapporter, der indenfor et brancheområde evaluerer tilskuddene til renere teknologi, tegner en brancheprofil, indeholder en nøgletalsundersøgelse og analyserer spredningen og effekterne af renere teknologi.

Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi har siden 1987 ydet tilskud til udvikling af renere teknologi. I 1993 besluttede Rådet at igangsætte en evaluering af denne tilskudsordning. Ansvarlige for denne evaluering er lektor, civ. ing., Ulrik Jørgensen, Institut for Samfundsfag, Danmarks Tekniske Universitet og seniorstipendiat, cand. scient. pol., Ph.D., Mikael Skou Andersen, Center for Samfundsvidenskabelig Miljøforskning ved Aarhus Universitet.

Som led i evalueringen er alle de udviklings-, implementerings- og demonstrationsprojekter, der har modtaget tilskud fra renere teknologi støtteordningerne i perioden fra 1987-1992, blevet gennemgået. Særlig vægt er lagt på 6 brancher, hvor indsatsen for renere teknologi har været specielt intensiv: fiskeindustrien, træ- og møbelindustrien, det grafiske område, overfladebehandling, slagterierne og landbruget. For hver af disse brancher udgives en rapport, der belyser de gennemførte projekter, spredningen af renere teknologi i branchen samt dennes miljømæssige og økonomiske effekter. Desuden er der i marts 1995 udgivet en samlet rapport om evalueringen.

Evalueringen består af tre faser:

En *projektevaluering* hvor ca. 175 projekter gennemgås. Projektevalueringen belyser udfaldet af de enkelte renere teknologi projekter, hvor der enten er udviklet eller implementeret renere teknologi.

En *brancheevaluering* hvor spredningen af renere teknologi undersøges og analyseres. Foruden en analyse af spredningen af renere teknologi sættes der fokus på nogle få udvalgte virksomheder gennem en tilbundsgående analyse af nøgletal for miljøbelastningen. Branchens anvendelse af renere teknologi sættes i relation til de erhvervsøkonomiske problemstillinger i branchen.

En *programevaluering* hvor det samlede program og dets effekter analyseres. Her er det også programmets afledte effekter i form af beskæftigelse, miljø-eksport, opbygning af dansk know-how og arbejdsmiljøet, der er i fokus.

Der er nedsat en følgegruppe, som har haft mulighed for at drøfte og kommentere projektets konklusioner. Rapporten er derfor projektledelsens ansvar, og denne fremgangsmåde er valgt for at sikre evalueringens uafhængighed af interessenterne på området.

Følgegruppen består af:

Arne Skov Andersen, Arbejdsbevægelsens Erhvervsråd  
Mariane Hounum, Miljøstyrelsen  
Lis Husmer, Danmarks Naturfredningsforening  
Susanne Nielsen, Miljøstyrelsen  
Anne Nørby, Direktoratet for arbejdstilsynet  
Lise Fogh Pedersen, Miljøstyrelsen  
Tina Sternest, Dansk Industri  
Bjarne Thomsen, Landbrugsministeriet  
Benedikte Weber, Kommunernes Landsforening

Denne rapport om området for industriel overfladebehandling på metal er udarbejdet ved Teknologivurderingsinitiativet på Danmarks Tekniske Universitet af Klaus Behrndt. Appendix A er en brancheprofil af området, udarbejdet af Henrik Riisgaard og Brian Dalby fra AUC, og Appendix B er en nøgletalsundersøgelse, udarbejdet af Kristian Løkkegaard fra K.L. Engineering og Marianne Rachlitz fra DTI, Overfladeteknik.

Som led i brancheevalueringen for industriel overfladebehandling på metal har der været afholdt en workshop med deltagere fra brancheområdet, hvor den foreløbige afrapportering blev diskuteret. Tilstede på workshoppen var der foruden repræsentanter fra selve branchen en del leverandører, der bidrog til diskussionen om de fremtidige muligheder for området, hvad angår processer, farver, kemikalier og udstyr. Der er ingen selvstændig konklusion fra seminaret, men synspunkter og diskussioner er blevet indarbejdet i rapporten.

En stor tak til det store antal forskningsmedarbejdere, der har hjulpet med interview og databehandling: civ.ing. Mads Borup, civ. ing. Stine Høier samt studentermedhjælper Rachel Godskesen. Endelig har diskussioner og kritiske kommentarer fra projektleder Ulrik Jørgensen været til uvurderlig hjælp i udarbejdelsen af denne rapport.

Klaus Behrndt



# 1 Indledning

## *Tre delbrancher*

Programmet for renere teknologi havde overfladebehandling som et af sine indsatsområder ved sin start i 1987. Området omfatter tre 'delbrancher' karakteriseret ved de udførte overfladebehandlingsprocesser:

- galvanisering og anodisering i galvanoidindustrien
- varmforzinkning
- organisk overfladebehandling

Disse delbrancher har hver især forskellige strukturer, miljøbelastninger og udviklingsperspektiver, og behandles i stor udstrækning hver for sig i denne rapport. Hver proces har tilhørende forbehandlingsprocesser, der dog i rapporten ofte er behandlet under et. En nærmere gennemgang af de forskellige overfladebehandlingsprocesser findes i Appendix A.

## *Fokuspunkter*

Der har i galvanoidindustrien og varmforzinkning været fokuseret på tungmetallernes og andre kemikaliers udslip med spildevandet. Til den kemiske rensning i forbehandlingen har hovedinteressen drejet sig om at afskaffe trichloranlæg og indføre vandbaserede affedtningssystemer. For organisk overfladebehandling har der fra programmets start i 1987 været fokuseret på substitutionen af opløsningsmidler enten ved brug af pulvermalinger, vandige malinger eller ved brug af high solid malinger. Endvidere har der været undersøgt forskellige metoder til malepåførsel, hvorved unødigt malespild kunne undgås.

## *Oversigt over resultaterne*

Kapitel 2 giver en oversigt over resultaterne ved projektevalueringen af området for industriel overfladebehandling af metal. Først er der på tabelform en gennemgang af de bevilligede projekter for området, hvor man kan danne sig et overblik over projekternes indhold, bevillingsstørrelse, projektdeltagere og projektsigte. Dernæst er der en gennemgang af de 27 evaluerede projekter, der enten har været teknologivurderingsprojekter, implementeringsprojekter eller demonstrationsprojekter. Endelig er der en gennemgang af evalueringsresultaterne tematiseret på tværs af projekterne.

For mange af projekterne konkluderes det, at successen i implementeringen i høj grad er afhængig af sammenhængene mellem de forskellige processer med nyt udstyr og nye kemikalier og at ikke mindst leverandørerne spiller en stor rolle. Dette taler for et tættere samarbejde mellem leverandører, selve branchen og konsulenter i forhold til nye projekter, så disse kan fokusere på de centrale problemstillinger for hele branchen. I den sammenhæng kan Miljøstyrelsen og branchen spille en aktiv rolle i formuleringen af projekterne.

## *Spredningsundersøgelse*

Kapitel 3 beskriver den udførte spredningsundersøgelse på området industriel overfladebehandling på metal. Formålet med undersøgelsen er at afdække i hvilket omfang, renere teknologi løsninger har spredt sig i området som helhed. Formålet er specielt at undersøge, hvorvidt renere teknologi projekter, der har fået offentlig støtte, også er kendt af andre virksomheder i området - og om de eventuelt er taget i anvendelse.

Formålet er desuden at analysere hvilke faktorer, der eventuelt kan tænkes at forklare spredning - eller mangel på samme - af renere teknologi. Spredningsundersøgelsen omfatter interview med 152 virksomheder. Det konkluderes, at i området for industriel overfladebehandling af metal er der en stærk spredning af kendskabet og brugen af renere teknologiprojekter, dog primært for galvanodelbranchen, og at der er mange virksomheder, der uden tilskud har indført renere teknologi. Det er bemærkelsesværdigt, at virksomhederne næsten udelukkende har positive erfaringer fra de gennemførte renere teknologi projekter, også selvom krav og påbud har været nævnt som årsag til indførelsen.

### *Ændringer i miljøbelastningen*

Kapitel 4 behandler de reduktioner i miljøbelastningen, som kan tilskrives indsatsen for renere teknologi indenfor området industriel overfladebehandling af metal. De miljøproblemer, der har været sat fokus på, vurderes endvidere i forhold til en samlet opregning af de væsentlige miljøbelastninger, der findes indenfor de 3 valgte brancheområder. Ved udpegningen af de væsentlige miljøbelastninger er der taget udgangspunkt i følgende generelle klassifikation af miljøproblemerne type: Ressourceforbrug, eksterne miljøeffekter, arbejdsmiljø.

For at foretage en samlet vurdering af reduktionen i miljøbelastningerne for de enkelte renere teknologier er de identificerede nøgletal fra nøgletalundersøgelsen i Appendix B og de samlede belastninger sammenholdt med spredningsundersøgelsens resultater. Derved har der kunnet opstilles et groft billede af den faktisk opnåede reduktion i miljøbelastningen ved anvendelsen af renere teknologi og den samlede mulige reduktion i miljøbelastningen ved en konsekvent indførelse af renere teknologi alle relevante steder i branchen: det miljømæssige potentiale i renere teknologi.

Konklusionerne i kapitel 4 bygger på et uensartet og kvalitativt forskelligartet datamateriale fra nøgletalsundersøgelsen, hvilket vil præge gennemgangen. For galvanobranchen har det kun været muligt at opgøre, den aktuelle belastning og ikke den opnåede reduktion sammenlignet med tidligere år. Det vurderes, at vandforbruget er ca. 1 mio.m<sup>3</sup> og kan reduceres med yderligere 0,95 mio.m<sup>3</sup>. Den aktuelle udledning til spildevand af tungmetallerne Zn, Ni og Cr er henholdsvis: 1,0, 1,5 og 2,5 tons/år. Det forventes, at der ved en fuldskala implementering kan fjernes 90% af udledningen. For varmforzinkning vurderes der at være sket reduktioner i den anvendte saltsyre på ca. 1000 tons/år og flusmiddel på ca. 200 tons/år. Affaldsmængden af zinkaske er reduceret ca. 300 tons/år. Potentialet vurderes at være 1½ gang den allerede opnåede reduktion. For den organiske overfladebehandling vurderes reduktion af chlorerede opløsningsmidler til ca. 400 tons/år i forhold til 1987. Det yderligere potentiale er ca. 1250 tons/år. Den mulige substitution af chrom har kun opnået beskeden anvendelse, men potentialet er ca. 10 tons/år. Malinganvendelsen til den organiske overfladebehandling er reduceret ca. 3000 tons/år og den potentielle reduktion er på 3700 tons/år.

### *Sammenfatning*

Kapitel 5 sammenfatter resultaterne, der er fremkommet ved både projektevalueringen, spredningsundersøgelsen og resultaterne fra de to appendix, henholdsvis den erhvervsøkonomiske brancheprofil og nøgletalsanalysen. Der tegnes et billede af området for industriel overfladebehandling på

metal som et område, der har en overvejende positiv miljøholdning, og hvor det vil være muligt at etablere et miljømæssigt samarbejde for hver delbranche på tværs af leverandører, kunder, virksomheder og Miljøstyrelsen. Det konkluderes endvidere, at det er vigtigt at inddrage de strukturelle forhold for området i vurderingen af nye projekter.

#### *Brancheprofil*

Appendix A er en brancheprofil for området for industriel overfladebehandling på metal. Brancheprofilen beskriver væsentlige strukturelle, økonomiske og miljømæssige forhold indenfor galvanindustrien, varmforzinkning og organisk overfladebehandling. Den indeholder bl.a. produktionsprocesserne og de deraf afledte miljøeffekter, de organisatoriske og vidensbaserede netværk samt en vurdering af både leverandørers og kunders betydning.

#### *Ændringer i basis materialer og belægningstyper*

Brancheprofilen påpeger to vigtige teknologiske udviklinger inden for industriel overfladebehandling. Disse er ændring af basismaterialet og helt nye belægningstyper. Med hensyn til basismaterialet er der i dag flere alternativer til stål. De umiddelbare væsentlige materialer er her aluminium, plast og kompositmaterialer. På længere sigt ventes også andre lettere metaller og keramer at få betydning. Med hensyn til belægningstyper eksperimenteres der i dag med 3 tørre belægningsmetoder: Fysisk gasfasereaktion og kemisk gasfasereaktion, hvor der i begge tilfælde dannes en tynd metallegering på emneoverfladen, samt ionimplementering, hvor emnet beskydes med ioner.

#### *Nøgletalsundersøgelse*

Appendix B er en nøgletalsundersøgelse for området for industriel overfladebehandling på metal. I denne er effekten af renere teknologi opgjort ved miljømæssige nøgletal. Det er herved også tilstræbt at opgøre evt. forskydninger mellem de forskellige typer af miljøproblemer og opgøre miljøeffekten af indførelsen af renere teknologi. Da det ikke har været muligt at indhente miljødata fra et repræsentativt udsnit af virksomheder har nøgletalsundersøgelsen været baseret på case-studier og tilgængelige data. Den belyser derfor kun indirekte og partielt reduktioner i miljøbelastninger forårsaget af renere teknologi indsatsen. Miljøindsatsen har endvidere fokuseret på forskellige typer af miljøbelastninger, hvorved detaljeringsgraden af oplysninger varierer meget fra en type af miljøbelastning til en anden. Nøgletalsundersøgelsen indeholder estimater på de væsentligste miljøbelastninger for brancheområdet og mulige reduktioner.

#### *Metode til opstilling af nøgleparametre*

Nøgletalsundersøgelsen indeholder en metode til at opstille nøgleparametre for området for overfladebehandling. Denne omfatter bl.a., at der bør opstilles få men dækkende nøgleparametre for at opnå overskuelighed, at nøgletallene, dvs. værdierne af nøgleparametrene, er individuelle fra virksomhed til virksomhed på grund af forskellige procesanlæg og procestyper, at nøgleparametre skal udvikles for hver af områderne galvan, varmforzinkning og organisk overfladebehandling, og at det for områderne galvan og varmforzinkning vil være muligt at sammenligne virksomheder med samme organisationsgrad og teknologisk niveau. For virksomheder indenfor organisk overfladebehandling vil det ikke kunne lade sig gøre på grund af områdets inhomogenitet.

## 2 Evaluering af renere teknologi projekterne

Dette kapitel giver en oversigt over resultaterne ved projektevalueringen af området for industriel overfladebehandling af metal. Først er der på tabelform en gennemgang af de bevilligede projekter for området, hvor man kan danne sig et overblik over projekternes indhold, bevillingsstørrelse, projektdeltagere og projektsigte. Dernæst er der en gennemgang af de 27 evaluerede projekter, der enten har været teknologivurderingsprojekter, implementeringsprojekter eller demonstrationsprojekter. Endelig er der en gennemgang af evalueringsresultaterne tematiseret på tværs af projekterne.

### 2.1 Bevillinger til branchen for overfladebehandling

#### *Oversigt*

I tabel 2.1 på de følgende sider er der en oversigt over alle projekter, der har fået støtte fra Miljøstyrelsen i området for overfladebehandling. De er rubriceret i 3 kategorier, nemlig forbehandling, galvan og organisk overfladebehandling.

#### *46 mill.kr. i støtte*

Der er ialt givet ca. 46 mill.kr. i støtte til området for industriel overfladebehandling fordelt med 14,5 mill.kr. til forbehandling, 21 mill.kr. til galvan og 11 mill.kr. til organisk overfladebehandling. Hertil kommer så midlerne til RENTEKsystemet, et databasesystem, der bla. indeholder oplysninger om industriel overfladebehandling.

#### *Projekter med konkrete teknologiændringer evalueret*

Projektevalueringen omhandler udviklings-, implementerings- og demonstrationsprojekter, da disse indeholder konkrete teknologiændringer, hvor det vil være muligt at vurdere den tekniske løsnings karakter og den mulige miljøeffekt. Der er således blevet evalueret 27 projekter, heraf 5 teknologiudviklingsprojekter og 22 implementeringsprojekter. Yderligere 5 projekter har været igangsat, men blev afbrudt før forventet og må opfattes som mislykkede.

#### *5 mislykkede projekter*

#### *Mange positive resultater*

Blandt de 27 evaluerede projekter er 2 projekter ikke afsluttet, 4 er afsluttet uden resultat. De resterende er alle blevet afsluttet med et positivt resultat. Disse og andre oplysninger om de enkelte projekter kan findes på siderne efter tabel 2.1, hvor hver af de evaluerede projekter kort er beskrevet.

**Tabel 2.1***Oversigt over bevillinger i området for overfladebehandling*

Forbehandling	Deltagere	Bevill. i t. kr.	Bevill givet	Sigte
Vandige produkter til affedtning af stål	DTI, Overfladeteknik NIF	781	6.87	udredn.
Vandbaseret metalaffedtning	DTI, Århus Århus Ribberørsfabrik	275	4.88	impl.
Opløsningsmiddelfri affedtning og lakering i jernindustrien	DISA DTI, Overfladeteknik	1535	9.88	impl.
Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner	DTI, Overfladeteknik 10 brugervirksomheder	2477	6.87	impl.
Alternativer til affedtning af aluminium med trichlorethylen - Recirkulation af spildevand ved affedtning vha. membranfiltrering	DTI, Miljøteknik	1100	4.89	impl.
Vandig affedtning og affedtning i chlorerede opløsningsmidler	DTI, Overfladeteknik	542	8.92	udredn.
Udvikling og afprøvning af anlæg for af køle/smøreolie, affedtningsvand, opløsningsmidler m.m.	Envotech Grundfos Valdemar Birn	3763	12.90	impl.
Udarbejdelse af håndbog om kemiske renseprocesser i jern- metalindustrien	DTI, Overfladeteknik Mogens Nielsen Brüel og Kjær Grundfos Hardi International IPU	998	10.90	formid- ling
Genanvendelse af chromateringsbade til zink og aluminium	Miljøkemi Roskilde Galvanisering Indu-Lak Tandrup Metalvarefabrik JB. Technology	559	4.91	tekn.ud- vikl.
Chromfri kemisk forbehandling af aluminiumsemner før malebehandling - Etablering af demonstrationsanlæg	Chemetall Louis Poulsen DTI, Overfladeteknik.	1506	6.91	impl.
Etablering af kontinuert renholdelse af fosfateringsbad.	DTI, Miljøteknik Labofa Stål DTI, Overfladeteknik Chemetall	598	12.91	tekn.ud- vikl.
Etablering af et demonstrationsanlæg i mindre skala til udvinding og genanvendelse af zink (og jern) fra brugte bejsebade i forbindelse med varmgalvanisering.	Aquasave K.L. Engineering Middelfart Galvanisering BS Plastic	770	4.92	tekn.ud- vikl.

Galvano	Deltagere	Bevill. i t. kr.	Bevill. givet	Sigte
<i>Ombygning af eksisterende virksomheder</i>				
Reduktion/eliminering af forurenede afløb ved fornikling.	IPU Chembo Overfladeteknik Kolding Hårdchrom.	2479	10.87	impl.
Ombygning af eksisterende anlæg på Sønderborg Fornikling.	IPU Sønderborg Fornikling	90	12.88	impl.
Elimination af tungmetaltholdigt spildevand fra eksisterende anlæg	IPU Tajco Accessories	2220	12.87	tekn.ud- vikl.
Renere teknologi ved fremstilling af print-plader	IPU Chemetalic	930	11.88	impl.
Ionbytning af recirkulerende skyllevand - en vurdering af teknikkens miljøperspektiver	Surfcoat Chemetalic	848	3.90	impl.
Udvikling af praktisk relateret renere teknologi i elektrogalvaniseringsvirksomhed	Midtjysk Fornikling og Forchromning Bent Tram Consulting	773	7.91	impl.
Zinkgenvinding ved elforzinkning	Miljøkemi Hagens Fjedre JB.Technology	202	3.92	impl.
Elektrodialyse for chrom samt projekt vedr. 'RETEC' nikkelfældningsanlæg	Johs. Tandrup Metalvarefabrik JB. Technology	250	11.90	impl.
<i>Lukkede galvanoanlæg</i>				
Lukkede galvanotekniske anlæg til traditionel produktion	IPU O.P. Stål	575	6.87	tekn.ud- vikl.
Udvikling af et apparat til vedligehold af elektropoleringsvæsker.	K.L. Engineering O.P. Stål	695	1.91	tekn.ud- vikl.
<i>Automatiske produktionslinier</i>				
Galvanotekniske anlæg integreret i automatiske produktionslinier	IPU Cekan	5500	6.87	impl.
<i>Andet indenfor galvano.</i>				
Anden overfladebehandling end galvanotekniske	IPU	415	6.87	udredn.
Branchekonsulenter	IPU	1580	12.90	udredn.
Decentral opsamling af galvanisk affald med henblik på central regenerering og genvinding	Dansk Galvanisør Union K.L. Engineering Miljøkemi	3435	12.92	udredn.

Organisk overfladebehandling.	Deltagere	Bevill. i t. kr.	Bevill. givet	Sigte
Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse	DTI, Overfladeteknik NIF	1485	6.87	udredn.
Malematerialer ved industriel lakering	DTI, Overfladeteknik NIF	808	6.87	udredn.
Anvendelse af katodisk elektrodypemaling	DTI, Overfladeteknik	852	6.87	impl.
Malematerialer ved reparationsmaling af autotomobiler	DTI, Overfladeteknik Schmidts Autolakering Sadolin Baden-Jensen	987	6.87	impl.
Vandfortyndbar maling til cykelstel	DTI, Overfladeteknik	2200	2.89	impl.
Konsekvenserne ved overgang til vandfortyndbare lakprodukter i autobranschen.	Foreningen af auto- og industrilakere	174	6.91	udredn.
Demonstrationsanlæg med anvendelse af high solid og vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse	ABC Coating Hempel DTI, Overfladeteknik.	1376	4.90	impl.
Demonstrationsprojekt vedr. kryoaflakering af ophæng i pulverlakeringsanlæg.	Ginge	301	8.89	impl.
Pilotanlæg til infrarød tørring af malede flader på togvogne og andre stor emner	ABB Skandia	602	2.92	impl.
Etablering af maleanlæg for vandbaseret maling, opbygget i lukkede kredsløb. Tørring af vandbaseret maling ved anvendelse af tør luft	BRINK	214	9.92	impl.

## 2.2 Gennemgang af de 27 evaluerede projekter

Periode: 9.87-8.88

Bevilling: 575 tkr.

Sigte: implementering

Ansvarlig:

Institut for Produktudvikling

### Lukkede galvanotekniske anlæg til traditionel produktion

Der er udarbejdet et systematisk projekteringsforslag til lukkede galvanotekniske anlæg i en traditionel galvanoproduktion. Udviklingen er sket med baggrund i erfaringer fra et lukket anlæg til forzinkning hos Micro-Matic (stålpolering), der til indførelsen har fået støtte fra Miljøstyrelsen, før programmet for renere teknologi blev en realitet. Endvidere med baggrund i erfaringer fra Tajco A/S (autotilbehør), hvor der udenfor programmet for renere teknologi er blevet opført anlæg til forchromning og fornikling.

Miljøeffekten er fjernelse af tungmetaltholdigt spildevand. Anlægget er et lukket skyllevandsanlæg til ionbytning. Det må betegnes som en procesændring og recirkulation.

Intentionerne i projektet blev nået fuldt ud. En implementeringsvirksomhed, der bagefter har benyttet projekteringsprincipperne, O.P. Stål, har gode erfaringer med dem, og anlægget fungerer stadigvæk upåklageligt. Det har betydet ingen udledning af nikkel og chrom og en nedbringelse af affaldsmængden til Kommunekemi på 20-30%. Investeringen på ca. 2

mio.kr. har været en god forretning. En del af de funktioner, som tidligere blev udført hos underleverandører, bliver nu udført in-house.

Erfaringerne bliver også brugt i brancheorienteringen for galvanobranchen fra Miljøstyrelsen.

Rapport: Kristian Løkkegaard: 'Galvanisk overfladebehandling uden affald og spildevand'. Miljøprojekt nr.107, Miljøstyrelsen 1989, 85 sider.

*Periode: 1.88-12.90*

*Bevilling: 5500 tkr.*

*Sigte: implementering*

*Ansvarlig:*

*Institut for Produktudvikling*

#### **Galvanotekniske anlæg integreret i automatiske produktionslinier**

Dette projekt er en udvikling af galvanotekniske anlæg som en slags 'fotokopieringsmaskine', der kan sættes efter de traditionelle værktøjsmaskiner eller anden produktion og således udgøre et enkelt ekstra led i en automatisk produktionslinie istedet for at kræve en hel galvanoaafdeling eller arbejde udført 'i byen' hos en løngalvanisør. Anlægget benytter sig af en japansk udviklet pulsanodiseringsteknologi til at pålægge de metalliske overflader high-speed. Metoden er videreudviklet af Institut for Produktudvikling, DTU. Der har været 3 efterfølgende projekter som opfølgning: 'Galvaniseringsmaskine til pladeemner', 'Anodiseringsmaskine til prismatiske emner' og 'Forniklingsmaskine til rotationssymmetriske messingemner'. Den samlede bevilling var fordelt nogenlunde ligeligt fordelt mellem de 4 projekter.

Teknologiændringen må betegnes som en revolution af galvaniserings-teknologien. Fra starten var det meningen at udvikle konceptet sammen med firmaet Gluntz og Jensen A/S, der laver maskiner til den fotografiske del af trykkeribranchen, men Gluntz og Jensen sprang ret tidligt fra, men inden da har firmaet ifølge Per Møller IPU, brugt måneder på at diskutere konceptet og var særdeles 'varme' på ideen. Siden da har en mindre firma Cekan A/S, der laver stikkontakter, brugt konceptet og samarbejdet med IPU om udviklingen af dette. Cekan A/S har installeret en galvanomaskine på størrelse med to skriveborde i forlængelse af produktionslinien til fornikling og forgyldning. Anlægget er et lukket kredsløb med regenerering af spildevandet ved ionbytning. Cekan vil investere i en automatisering af anlægget vha. en robot. Dette er økonomisk rentabelt, da anlægget skal køre 168 timer om ugen, og robotten koster ca. 300.000 kr. Endvidere skal vandkvaliteten forbedres for at nedsætte kassationsprocenten. Anlægget var økonomisk rentabelt fremfor traditionelle systemer

Danfoss har været interesseret i at gå ind i udviklingen, men trak sig tilbage igen, da projektet ikke var indenfor Danfoss' traditionelle forretningsområde. Det blev også overvejet at benytte anlægget på Danfoss' afdeling for støbejernsventiler, men blev skrinlagt pga. investeringens størrelse og endvidere på grund af forskellige vurderinger af projektets succes hos ventilafdelingen og galvanoaafdelingen.

Hele konceptet er ifølge Per Møller, IPU foran sin tid. IPU har præsenteret nogle af deres resultater på en konference om 'Environmental Control for the Surface Finishing Industry, AESF, 1993 i USA. Endvidere er der blevet taget patenter på forskellige dele af teknologien. Flere udenlandske firmaer har vist interesse for konceptet.



IPU's strategi i udviklingen har været at gøre disse automatiske galvanøanlæg så generelle, at der var et tilstrækkeligt marked for deres anvendelse. Istedet mener Per Møller, IPU, at der skulle være blevet taget udgangspunkt i konkrete produktioner som f.eks. hos Cekan, implementere teknologien der, få den til at virke i forhold til den konkrete produktion og dernæst få teknologien til at sprede sig på basis af konkrete erfaringer. Nu står IPU med en teknologi, de færreste tør binde an med pga. mangel på succeshistorier og pga. de store udviklingsomkostninger.

Projektet må siges at være blevet meget grundforskningspræget og repræsenterer et ny teknisk koncept indenfor overfladebehandling, der før eller siden vil trænge igennem.

Rapporter: Institut for Produktudvikling, DTU: 'Forureningsfri galvanomaskine til værkstedsbrug'. Miljøprojekt nr.130, Miljøstyrelsen 1990, 108 sider.

Periode: 1.88-4.89  
Bevilling: 2479 tkr.  
Sigte: implementering  
Ansvarlig:  
Chembo  
Overfladeteknik A/S

#### **Reduktion/eliminering af forurenede afløb ved fornikling**

Eksisterende anlæg skulle ændres, således at Kolding Hårdchroms udløb af tungmetaller og andet giftigt skyllevand kunne lukkes. Chembo, leverandør af galvanøanlæg udviklede anlægget og opstillede det som demonstration hos Kolding Hårdchrom.

Miljøeffekten var at lukke udførelsen af tungmetallholdigt spildevand og opnå besparelse på forbruget af vand, kemikalier og metaller.

Chembo Overfladeteknik A/S, anlægsleverandøren var projektansvarlig. Endvidere var Kolding Hårdchrom og Institut for Produktudvikling, DTU med i projektet. Projektbevillingen var på 2479 t. kr.

Selve ændringerne kan betegnes som procesændringer og recirkulation. Procesændringerne kan deles op i 4 delændringer: 'Forbehandling, hvor procesvand og kemikalier både bruges i forbehandling og procesbehandling'. 'Cyanidsystemet, hvor zinken genvindes og vandet genbruges i chromatsystemet'. 'Chromatsystemet med ændret skylleteknik og genindvinding af chromaten'. 'Generelt brug af bedre husholdningsprincipper'.

Endvidere var der forsøg på at fjerne zink vha. jernkugler, men den del blev aldrig afprøvet hos Kolding Hårdchrom.

Initiativet til projektet blev taget af Chembo og IPU. Kolding Hårdchrom var blevet stillet overfor nye krav til udledning af tungmetaller og forespurgte Chembo og IPU om bistand.

Kolding Hårdchrom blev lukket ca. 9 mdr. efter starten på implementeringen pga. svigtende ordretilgang. Der skete endvidere et uheld med udslip af spildevand fra virksomheden, som involverede krav til virksomheden fra Kolding Kommune.

De 4 første procesændringer fungerer i dag ifølge Chembo tilfredsstillende på et tilsvarende anlæg i Svendborg, mens de mere grundlæggende ændringer til fjernelse af zink vha. jernkugler aldrig kom rigtig i gang.

Institut for produktudvikling vurderer ikke projektet som en succes, idet de væsentlige ændringer aldrig kom i gang, før virksomheden lukkede.

Rapport: Per Møller: 'Arbejdsrapport og statusrapport vedr: KJ-HÅ-RDKROM'. Institut for Produktudvikling, DTU 1989, ikke offentliggjort notat på 4 sider.

*Periode: 1.89-1.90*  
*Bevilling: 2220 tkr.*  
*Sigte: implementering*  
*Ansvarlig:*  
*Institut for*  
*Produktudvikling*

#### **Elimination af tungmetaltholdigt spildevand fra eksisterende anlæg**

Der skulle udvikles et generelt koncept for, hvorledes spildevandsforureningen i eksisterende galvaniske overfladebehandlingsanlæg kunne nedsættes. Der blev inddraget erfaringer fra 3 sideløbende projekter, på Chemitalic, på Sønderborg Fornikling og på Kolding Hårdchrom. I dette projekt blev Tajco Auto Accessories inddraget.

Miljøeffekten var reduktion eller fjernelse af tungmetaltholdigt spildevand og besparelser pga. recirkulation og genvinding af vand, kemikalier og metaller.

Konceptet er blevet afprøvet på Tajco Auto Accessories. Ændringerne blev lavet efter tegninger fra IPU, men det var umuligt at få de respektive leverandører til at tage ansvar i procesændringerne. Tajco mener, at automatikken ikke fungerede godt nok. Den var for kompliceret at styre fornuftigt, hvilket betød, at Tajco valgte at indføre manuel styring og styre de enkelte processer separat, da de ellers risikerede miljøuheld med udslip af tungmetaller. Det skete en gang for Tajco i forløbet.

Tajco er godt tilfredse med skyllekarsprincipperne, men anlægget til kemikaliereregnering er blevet skrottet, inden det kom i gang. Ifølge konsulenten skyldtes problemerne det forhold, at virksomheden koblede konsulenten fra og istedet benyttede kemikalieleverandøren som ekspert i det videre forløb. Hertil kom, at driftøkonomien ved kemikaliereregnering ikke stod mål med arbejdsindsatsen ved at få kemikaliereregneringen i drift. Projektet er et eksempel på, at de indbyrdes forhold og interesser mellem leverandør, konsulent og virksomhed er vigtig at få afklaret inden projektstart.

Motivationen for Tajco Accessories for at indgå i projektet var at opnå større kapacitet på anlægget, bedre produktkvalitet og endelig risikoen for stramning af miljøkrav.

Rapport: 'Renere teknologi i eksisterende galvanovirksomheder'. Miljøprojekt 162, Miljøstyrelsen 1991, 92 sider.

#### **Renere teknologi ved fremstilling af printplader**

Der er foretaget en ombygning af Chemitalic's eksisterende anlæg således, at dette så vidt muligt kan drives uden produktion af tungmetaltholdigt affald eller spildevand. Dette sker ved hjælp af ionbytning, regenerering af skyllevand, genvinding af Cu fra alkaliske ætsebade og EDTA regenerering.

*Periode: 1.89-9.89*  
*Bevilling: 930 tkr.*  
*Sigte: implementering*  
*Ansvarlig:*  
*Chemitalic A/S*

Den miljømæssige effekt af projektet er reduktion og/eller fjernelse af metaller fra spildevand så som aluminium, kobber, sølv, tin, bly, jern mv., der bliver opløst vha. ætsning med jernchlorid og reduktion generelt af spildevandet.

Brugervirksomheden Chemitalic var projektansvarlig, og Institut for Produktudvikling, DTU var konsulent. Det samlede budget var på 1920 t.kr.

Selve ændringen må betegnes som procesændringer og recirkulation af spildevand. Projektet var led i en kontinuær omlægning af produktionen, som stadig pågår. Da procesændringen bestod af flere procestrin, er det rigtigst at vurdere de enkelte procesændringer hver for sig, idet deres succes og implementering har været forskellig. a): Selve ionbyttersystemet har fungeret, men ikke optimalt. Det havde tekniske problemer, som ifølge konsulenten skyldtes manglende overvågningsressourcer til processen, og ifølge implementeringsvirksomheden skyldtes et for driftmæssigt usikkert anlæg. For Chemitalic var det nødvendigt at holde anlægget igang hele tiden, så hvis ionbytningen ikke kørte optimalt, blev der åbnet for vandværksvandet. Dette kunne efter konsulentens opfattelse være blevet klaret med et elektrisk brugerpanel og ledningsevne måler for en investering på tilsammen ca. 20-25.000 kr. b): Recirkulationen af skyllevandet har fungeret udmærket. Et tilsvarende amerikansk anlæg var blevet set af Chemitalic's direktør på en messe i München. c): Et anlæg til genindvinding af kobber fra de alkaliske ætsebade har aldrig fungeret pga. fejlbehæftet udstyr. og d): EDTA regenereringsanlægget har fungeret godt. EDTA er blevet solgt til Tyskland. Generelt mente Chemitalic, at der blev afprøvet for mange nye ting i dette projekt, og at man istedet skulle have fokuseret på at udvikle kendt teknologi til denne produktion.

Initiativet blev taget af laboratoriechefen på Chemitalic efter samråd med Horsens Kommune, der var tilsynsmyndighed og efter en informationskampagne fra Miljøstyrelsen.

Rapport: 'Renere teknologi i eksisterende galvanovirksomheder'. Miljøprojekt nr.162, Miljøstyrelsen 1991, 92 sider.

Periode: 1.89-1.90  
Bevilling: 90 tkr.  
Sigte: implementering  
Ansvarlig:  
Sønderborg Fornikling A/S

#### **Ombygning af eksisterende anlæg på Sønderborg Fornikling A/S**

Projektet sigtede på at ombygge et eksisterende galvanisk anlæg til spildevandsfri og affaldsfri drift. Projektet indgik sammen med 3 andre projekter i en helhed, der handlede om ombygninger af eksisterende galvanianlæg.

Miljøeffekten var reduktion eller fjernelse af tungmetaltholdigt spildevand og besparelser pga. recirkulation og genvinding af vand, kemikalier og metaller. Sønderborg Fornikling sendte årligt 40 tons tungmetalslam til Kommunekemi.

Projektet kan betegnes som procesændringer og recirkulation. Den samlede bevilling var på 1.220 t.kr. Projektet blev stoppet efter skitseprojektet, idet Sønderborg Fornikling på daværende tidspunkt var økonomisk klemmt og vurderede projektet for risikofyldt i forhold til investeringen på

over 3 mio.kr. Sønderborg Fornikling er en lille virksomhed på ialt 8 mand. I december 1993 er tiderne imidlertid ændret, og Sønderborg Fornikling forhandler i øjeblikket med Miljøstyrelsen om et nyt system baseret på en lukket proces.

Der blev i projektet udviklet et koncept til nedbringelse af forbruget af de forskellige tungmetaller (chrom, nikkel, zink, kobber) og til nedsættelse af spildevandsforbruget. Sønderborg Fornikling har senere gennemført de skitserede vandbesparelser.

Sønderborg Fornikling tog initiativet til projektet motiveret af skærpede miljøkrav fra tilsynsmyndigheden.

Rapport: 'Renere teknologi i eksisterende galvanovirksomheder'. Miljøprojekt nr.162, Miljøstyrelsen 1991, 92 sider.

#### **Elektrodialyse for chrom samt projekt vedrørende 'RETEC' nikkeludfældningsanlæg**

*Periode: 11.90-12.91  
Bevilling: 250 tkr.  
Sigte: implementering  
Ansvarlig:  
Johs. Tandrup  
Metalvarefabrik APS*

Formålet var at nedbringe mængden af kemikalieaffald ved dels at oparbejde chromholdige procesbade og eluater med henblik på intern genanvendelse, dels at udfælde nikkel fra eluater og badportioner fra første nikkel-skyl. Nikkelstængerne påregnedes solgt til ekstern brug (stålværker). Ved den interne genanvendelse af chrom og den eksterne genanvendelse af nikkel skulle der spares råstoffer. En stor del af energiforbruget ved de to processer skulle kompenseres af energibesparelse ved opvarmning af procesbade.

Den samlede udledning af chrom og nikkel var siden 1978 nedbragt fra 18 kg/år til ca. 2 kg/år. Samtidig var mængden af kemikalieaffald, der blev afleveret til Kommunekemi, steget fra 2,5 t/år til 6 t/år.

Teknologiændringen var en procesændring og recirkulation. Anlægget består af et elektrodialyseapparat til udfældning af af de uønskede Zn- og Cu -ioner i chrombadet, som derved kan genbruges.

Miljømålene er opnået. Der er sket ca. 50% reduktion af de opsamlede metaller til Kommunekemi, og kvaliteten på produktet er blevet bedre på grund af en mere ensartet udfældning.

En af motivationsfaktorerne var skærpede udledningskrav fra Allerød Kommune, der gjorde virksomheden interesseret. Kemikalie- og anlægsløseverandøren JB. Technology foreslog dette anlæg til Tandrup, som dernæst satte projektet i gang.

Miljøkemi har siden i forbindelse med et andet projekt leveret dokumentation for anlæggets driftdata.

Johs. Tandrup mener, at projektet har fungeret godt. Der har dog været problemer med samarbejdet med JB. Technology, da Johs. Tandrup udskiftede firmaet med et andet på kemikaliesiden, men bibeholdt firmaet som anlægsløseverandør. Projektet viser den nøje sammenkædning mellem badkemi/kemikalier og så de anlæg, der benyttes. Dette gør det også

vanskeligt for en virksomhed at vælge uvildige rådgivere blandt konsulenter og leverandører.

Rapport: 'Genanvendelse af chromateringsbade til zink og aluminium'.  
Arbejdsrapport nr.27, Miljøstyrelsen 1991, 40 sider.

Periode: 1.91-4.95  
Bevilling: 695 tkr.  
Sigte: implementering  
Ansvarlig:  
K.L. Engineering

#### **Udvikling af et apparat til vedligehold af elektropoleringsvæsker**

Formålet er at udvikle og afprøve en vedligeholdelsesenhed til elektropoleringsbade, således at tungmetalniveauet i badene kan stabiliseres og kassering af badene kan undgås. Derefter skal et fuldskaalanlæg udvikles og afprøves. Der er 5 projektfaser: 1) Analyse af procesprincipper m. speciel opmærksomhed på sikkerhed m.h.t. arbejdsmiljø og ydre miljø. 2) Udvikling af apparatkoncept, herunder identifikation af de kritiske procesparametre. 3) Bygning af vedligeholdelsesenhed i pilotskala. 4) Bygning af fuldautomatisk vedligeholdelsesenhed i kommerciel skala. 5) Rapportering.

Hvad angår miljøproblemet, sender en virksomhed, der foretager elektropolering, typisk 10 m<sup>3</sup> tungmetalbelastet syre til Kommunekemi årligt. Der er blevet truffet aftale med O.P. Stål om implementering, men selve arbejdet er endnu ikke gået i gang.

Selve ændringen må betegnes som en procesændring. Den består i en udvikling af en kemisk reaktor til vedligeholdelse af elektrobadene. I reaktoren sker der en selektiv fjernelse af jern, chrom og nikkel. Afprøvning i fuld skala er endnu ikke foretaget, så det er tidligt at vurdere metodens anvendelighed.

Rapport: Projektet ikke afsluttet.

Periode: 1.93-12.93  
Bevilling: 559 tkr.  
Sigte: implementering  
Ansvarlig:  
Miljøkemi /  
Miljøcenter A/S

#### **Genanvendelse af chromateringsbade til zink og aluminium**

Projektet bestod af et forprojekt og et implementeringsprojekt. Forprojektet skulle ved hjælp af litteraturstudier og leverandørsamarbejde vise, at det var praktisk muligt at rense chromateringsbade ved membran-elektrolyse. Herved regenereres nedbrudt chromsyre ved elektrolytisk oxidation og tilførte urenheder i form af zink og aluminium isoleres og fjernes. Formålet med implementeringsprojektet var at foretage praktisk afprøvning med fyldestgørende dokumentation som baggrund for at få processen indført i den danske galvanoidustri. 4 projektfaser: 1) Forsøg på chromatbejdse til aluminium hos Indu-Lak i Them. 2) Forsøg på grønchromateringsbad til aluminium hos Indu-Lak. 3) Forsøg på gulchromateringsbad til zink hos Roskilde Galvanisering. 4) Opfølgning og dokumentation for eksisterende anlæg til rensning af forchromningsbad hos Tandrup Metalvarefabrik i Allerød.

Der kasseres årligt ialt ca.1000 m<sup>3</sup> brugte chromateringsbade fra el-forzinkningsvirksomheder og ca.1500 m<sup>3</sup> brugte chromateringsbade og chromatbejdser fra aluminiums-chromateringsvirksomheder i Danmark.

Projektansvarlig var Miljøkemi. Øvrige deltagere var leverandørvirksomheden JB. Technology og implementeringsvirksomhederne Roskilde Galvanisering, Indu-Lak, Johs. Tandrup Metalvarefabrik.

Teknologiændringen må betegnes som procesændringer og recirkulation. Ifølge den projektansvarlige blev målet med genvinding af chromsyren op til 90% opnået med hensyn til chromateringsbadene, hvor der virkelige er tonnage. På chromateringsbadene blev der således ca. 80-90% reduktion af chromateringskemikalier og ca. 90% reduktion af tungmetaller i spildevand. Ved forchromningsbadene (hårdforchromning og dekorationsforchromning) er det væsentligste at forlænge badenes levetid ved at fjerne de akkumulerede metaller (zink, kobber, nikkel og jern), hvilket også er blevet opnået.

Opdelingen af projektet i et forprojekt og et implementeringsprojekt blev vurderet som positivt, når der ikke på forhånd findes et helt klart billede af hele projektførelsen. Derved er der muligheder for indbygning af stop og kursjusteringer. Selve implementeringsforløbet var præget af uoverensstemmelse mellem kemikalieleverandør og konsulent. Kemikalieleverandørens holdning var, at projektet var overflødigt, da anlæggene flere steder havde vist deres effekt. Den omfattende dokumentation blev oplevet som unødvendig.

Virksomhederne vurderede leverandørens rolle meget forskelligt, både mht anlæggets effektivitet og viljen til samarbejde. Projektet viser det vigtige i rollefordelingen mellem leverandør, virksomhed og konsulent.

Rapport: Flemming Dahl og Ole Haslund: 'Genanvendelse af chromateringsbade til zink og aluminium'. Arbejdsrapport nr.27, Miljøstyrelsen 1991, 40 sider.

#### **Chromfri kemisk forbehandling af aluminiumemner før malebehandling - Etablering af demonstrationsanlæg**

Periode: 7.91-6.92  
Bevilling: 1506 tkr.  
Sigte: implementering  
Ansvarlig:  
Louis Poulsen & co. A/S

Etablering af demonstrationsanlæg, udviklet af det danske firma Lytzen, for modificeret zinkfosfateringsproces (manganmodificeret, såkaldt lavzink zinkfosfatering), som er fuldstændig chromfri, og som er udviklet af et tysk firma Chemetall. Projektet medførte samtidig en alkalisk affedtning i stedet for affedtning med trichloethylen og uden brug af efterfølgende maling med organiske opløsningsmidler. Projektet opdeltes i 6 faser: 1. Indkøring af anlægget m. indsamling af måleresultater og beskrivelse af driftsforhold. 2. Indsamling og bearbejdning af data for ressourceforbrug. 3. Analyser af badsammensætning, regenereret skyllevand og spildevand. 4. Løbende kvalitetsundersøgelser. 5. Rapportering. 6. Demonstrationsaktiviteter.

Miljøproblemet var chromholdigt spildevand fra skylleproces og kemikalieaffald i form af kasserede chromateringsbade. Disse bade bortskaffedes undertiden ved dumpning, dvs. ved udledning til kloaksystem via internt rensningsanlæg. Chrom kan give anledning til problemer i forbindelse med bortskaffelse af slam fra kommunale rensningsanlæg. Det er endvidere ikke nødvendigt med trichloethylen-affedtning og efterfølgende maling ved anvendelsen af det nye anlæg, hvilket skulle give reduktion

med op mod 10 tons trichloethylen og 10 tons organiske opløsningsmidler.

Projektansvarlig var Louis Poulsen. Øvrige deltagere var Chemetall og DTI, Overfladeteknik. Bevillingen var på 1.723 t.kr. ud af et samlet budget på 13.300 t.kr.

Projektændringen er en procesændring, der samtidig indebærer substitution af chrom. Processen er en ny proces i Danmark, men benyttes bl.a. i den tyske bilindustri. Selve processen har levet op til de fastsatte mål ved projektets start. Der er sket en bedre kvalitet af forbehandlingen med bl.a. større lagtykkelse. Det faktum, at forbehandlingen er flyttet in-house, har også betydet bedre og mere ensartet kvalitet på grund af bedre kontrol. Ændringerne med maleanlægget har endvidere betydet substitution af organiske opløsningsmidler. Processen har haft problemer med specielt temperaturreguleringen, hvilket blev løst ved påbygning af køleanlæg på aktiveringstrinnet. Produktionsserierne var små, hvilket betød mange indstillinger, og det blev derfor besluttet at foretage kontrol på kemikaliesammensætningen i zinkfosfateringstrinnet hver 1½ time istedet for hver 4-6 time.

Chemetall var kontraktligt bundet op overfor Louis Poulsen på, at anlægget kom til at fungere. Dette var medvirkende til, at forløbet mellem Chemetall, DTI og Louis Poulsen fungerede godt. Derimod var det meget uheldigt, at leverandøren til en del af udstyret, Lytzen, gik konkurs, hvorefter sammenhængen i projektet blev vanskeligere. Projektet kan ses som et godt eksempel på det vigtige at have alle parter forpligtet og interesseret i projektet.

Rapport: Finn Folkermann, Marianne Rachlitz: 'Chromfri kemisk forbehandling af aluminium - Demonstrationsanlæg hos Louis Poulsen & Co. A/S'. Miljøprojekt nr.230, Miljøstyrelsen 1993, 41 sider.

### **Udvikling af praktisk relateret renere teknologi i elektrogalvaniseringsvirksomhed**

*Periode: 12.93-0.00  
Bevilling: 773 tkr.  
Sigte: implementering  
Ansvarlig:  
Midtjysk Fornikling &  
Forchromning A/S*

Formålet er at indføre ny skylle- og køleproces i et eksisterende galvanoplanlæg. I princippet er det muligt at reducere vandforbruget ved at anvende rensset spildevand som skyllevand, men samtidig kræves der et nyt kølesystem, eftersom skyllevandet også fungerer som kølevand i forzinkningsprocessen. 2 projektfaser: 1) Skylning med rensset afløbsvand efter syrebejdsning og alkalisk affedtning i cyanid-zink linjen og forniklingslinjen. Afhængigt af udfaldet af fase 1 foretages fuld udbygning af skyllesystemet for recirkuleret, rensset spildevand i forbindelse med etablering af nyt kølesystem enten i form af køletårn eller varmepumpesystem. Projektet er en fortsættelse af et projekt: 'Grøn Kommune, mindsket vandudledning fra galvanoprocesser'.

Miljøeffekten skulle være reduktion på ca. 40% af forbruget af rent vand (på Midtjysk Fornikling og Forchromning A/S er forbruget på 337 m<sup>3</sup> i døgnet), og tilsvarende skulle udledningen af tungmetaller til det kommunale kloaknet kunne reduceres med 40%.

Projektansvarlig er Midtjysk Chrom og Fornikling. Bent Tram Consulting er konsulent. Det samlede budget var på 1.934 t.kr.

Virksomheden vurderer miljøeffekten af projektet som positiv. Der er pt. en vandbesparelse på 100 m<sup>3</sup> i døgnet, mens totaludslippet af chrom og andre tungmetaller er blevet reduceret med mellem 25-40%. Ændringen er en procesændring og recirkulation, hvor udledningssvandet opdeles i kvalitetssystemer, der så afhængig af kvaliteten bruges til indledende processer eller rengøring. Principperne er kendt fra fibercementfabrikation i udlandet. Som negative sideeffekter var der i starten udfældninger af kemikalier, men disse er blevet løst vha. substitutioner. Endvidere er der kommet en langt bedre husholdning pga. ændret adfærd blandt medarbejderne.

På den anden side projektet blevet dyrere end beregnet, hvorfor anden del af projektet er sat i stå.

Initiativet til projektet blev taget af Herning Kommune. Både konsulent og virksomhed er meget positive over for samarbejdet med kommunen. Kommunen var og er stadig med i måleprocesserne vedrørende udledning.

Rapport: Rapporteringen fra projektet er endnu ikke offentliggjort.

#### **Ionbytning af cirkulerende skyllevand - en vurdering af teknikens miljøperspektiver**

*Periode: 4.90-10.92  
Bevilling: 848 tkr.  
Sigte: implementering  
Ansvarlig:  
Surfcoat ApS*

Indførelse og demonstration af et ionbyttersystem til separering og genanvendelse af tungmetaller fra skyllevand i galvaniske virksomheder samt minimering af forbrug af vand og kemikalier ved regenerering af ionbyttteren. Formålet var at indsamle, analysere og vurdere driftsdata fra demonstrations-ionbyttteren hos Chemitalic A/S. På basis heraf skulle der gives en teknisk/økonomisk vurdering af ionbyttteren. Driftsresultaterne skulle også analyseres ud fra en miljøsynsvinkel, idet der skulle fokuseres meget på dens reduktion af miljøbelastningen. Målgrupperne var især de kommunale og amtskommunale myndigheder samt den galvaniske branche. Der blev afholdt en demonstrationsdag hos Chemitalic A/S. Opmærksomhed blev skabt forud ved artikler i 'Ingeniøren', 'Ytforum' og kommunale blade.

Miljøeffekten er vandbesparelse og reduktion i mængden af syre og forskellige tungmetaller.

Projektet må betegnes som en procesændring. Projektet var en nødvendighed for gennemførelse af et andet renere teknologiprojekt ved fremstilling af printplader på Chemitalic. I det andet projekt viste ionbyttterkolonnerne fra leverandøren Silhorko sig ikke at være effektive nok på grund af for meget og for tynd eluat, og det blev derfor nødvendigt at udvikle et nyt ionbyttersystem. Samtidig blev dette projekt på længere sigt set som en videreudvikling af ionbyttersystemet til en salgbar succes for galvanibranchen. Dette er dog endnu ikke sket.

Surfcoat er en virksomhed, som blev grundlagt af personer fra IPU i forbindelse med dette projekt.



Chemetalic var kritisk overfor projektet. Det er et eksempel på, at virksomheder ofte ikke vil ofre økonomiske og arbejdsmæssige ressourcer på ændringer, hvor der er stor risiko for fiasko, og hvor konsulenten på den anden side oplever, at der ikke er den nødvendige hjælp fra virksomhedens side.

Ionbyttersystemet har sidenhen kørt på virksomheden og vist sig at fungere tilfredsstillende.

Rapport: Kristian Løkkegaard: 'Spildevandsrensning ved ionbytning'.  
Miljøprojekt nr.225, Miljøstyrelsen 1993, 112 sider.

*Periode: 1.92-9.92*  
*Bevilling: 598 tkr.*  
*Sigte: udvikling*  
*Ansvarlig:*  
*Teknologisk Institut -*  
*Miljøteknik*

#### **Etablering af en kontinuert renholdelse af fosfateringsbad**

Formålet var at afprøve en proces, hvor procesbadet løbende renholdes for olie og slam v.h.j.a. ultrafiltrering eller mikrofiltrering. 4 projektfaser: 1) Forsøg i pilotskala (ca. 1 m<sup>2</sup> membranareal) m. mindst to forskellige slags membranfiltreringsudstyr. Kvalitetsbestemmelse af det rensede procesbad. 2) Etablering af membranfiltreringsanlæg på Labofa Stål A/S. 3) Permanent etablering af membranfiltreringsanlæg, hvis fase 2 lykkes. 4) Demonstrationsaktiviteter og afrapportering.

Miljøproblemets omfang er en utilstrækkelig rensning af procesvandet fra fosfateringsbadene, der medfører, at krav til spildevandets slamhæmmende virkning ikke kan overholdes. Desuden er der fosfor i spildevand, som udledes i kommunale renseanlæg.

Projektansvarlig var DTI, Miljøteknik. Øvrige deltagere var Labofa Stål, Chemetall og DTI, Overfladeteknik.

Projektet blev afsluttet uden direkte brugbart resultat. Målet var et demonstrationsanlæg, og dette blev aldrig fuldført. Det skyldtes bundfald i fosfateringsbadene. Den projektansvarlige konsulent, DTI, Miljøteknik mente, at problemet uden videre kunne løses med et instrument til fjernelse af slammet, der ville koste lidt ekstra hardware, men som ikke var nogen vanskelig eller ukendt teknologi. Labofa, implementeringsvirksomheden, mente, at det var for usikkert at eksperimentere videre. Deres fosfateringskar var fladbundede, og det gjorde det efter deres mening vanskeligt at fjerne slammet. Derfor ville de ikke forlænge projektet. På den anden side havde projektet skabt en bevidsthedsændring i virksomheden, og der blev arbejdet videre med ideer udsprunget fra projektet.

Kemikalieleverandøren, Chemetal hævdede fra projektets start, at ultrafiltrering ikke var en egnet proces til kontinuert renholdelse af fosfateringsbade, de badenes korrosionsinhibitorer ville blive fjernet. Første del af projektet viste ifølge Ib Hansen fra DTI, at ultrafiltrering ikke fjernede disse organiske additiver, og disse resultater modbeviste derfor Chemetalls påstand. Projektet viser, at leverandøren er vigtig at få inddraget og ansvarliggjort i projektet. Der kan ofte være tale om interesse modsætninger, som det er vigtigt at få erkendt ved projektets start. Samtidig viser projektet også, at fordi en teknologi fungerer et sted, er overførslen til andre brancher eller bare andre virksomheder indenfor samme branche ikke altid ligetil.

Rapport: Ib Kirstein Hansen: 'Demonstrationsanlæg for kontinuert renholdelse af jernfosfateringsbade i jern- og metalindustrien'. (udkast) på 24 sider, DTI 1992.

Periode: 1.92-9.92  
Bevilling: 202 tkr.  
Sigte: implementering  
Ansvarlig:  
Miljøkemi / Dansk  
Miljøcenter A/S

### **Zinkgenvinding ved el-forzinkning**

Formålet var at færdigudvikle, implementere, driftsætte og dokumentere en metode til elektrolytisk udfældning af zink fra skyllebade efter sure og alkaliske zinkbade med henblik på genanvendelse af zink til el-forzinkning eller til andet formål. 5 projektfaser: 1) Forberedelse og miljøteknisk revision, 2) Elektrolyseforsøg, 3) Dimensionering, indkøb og opstilling, 4) Indkøring og dokumentation, 5) Rapportering.

Indholdet af zink og chrom i slam fra Brovst Kommunes spildevandsrensning var for højt til, at slammet kunne anvendes på landbrugsjord: Hagens Fjedre udledte ca. 11.000 m<sup>3</sup> spildevand pr. år med følgende sammensætning: zink: 140 ppm, chrom: 10 ppm, svarende til ca. 1.500 kg. zink pr. år og 110 kg chrom/år

Projektansvarlig var Miljøkemi. Øvrige projektdeltagere var Hagens Fjedre, Gerhard Bock og JB. Technology. Det samlede projektbudget var 615 t.kr.

Ændringen er en procesændring og recirkulation. Der genvindes ca. 500-1000 kg zink om året. Der blev til processen afprøvet udstyr fra begge leverandører, Gerhard Bock og JB Technology. Efter forsøgene købte Hagens Fjedre et fuldskaalanlæg (Chemelec celle) fra Gerhard Bock. Anlægget har været med til at implementere mere vandbesparende skylleprocesser og bedre styring samt kemikaliesammensætning af skyllebadene som led i ændringerne. Anlægget har kørt 1 år, men endnu virker det ikke helt efter hensigten ifølge Hagens Fjedre. Implementeringen har taget uforholdsmæssigt mange arbejdsressourcer og kræver endnu ekstra ressourcer. Der sker kemiske processer i badene, som ikke kan forklares tilfredsstillende overfor virksomheden. Der arbejdes fortsat på at løse de tekniske problemer, selvom projektet formelt er afsluttet.

Motivationen var spildevandskrav fra den lokale tilsynsmyndighed, Brovst Kommune. Ønsket om at gå længere end til bare at opfylde rensningskravet resulterede i en henvendelse til Miljøkemi, der dernæst formulerede projektet.

Projektet har været med til at skabe et godt forhold til tilsynsmyndigheden.

Projektet er samtidig en påvisning af det vigtige i samarbejdet mellem leverandør og konsulent.

Rapport: Miljø-Kemi/Dansk Miljø center: 'Elektrolytisk zinkgenvinding fra galvanospildevand'. Arbejdsrapport nr.56, Miljøstyrelsen 1994, 59 sider.

### **Etablering af et demonstrationsanlæg i mindre skala til udvinding og genanvendelse af zink (og jern) fra brugte bejdsebade i forbindelse med varmgalvanisering**

*Periode:* 4.92-2.95  
*Bevilling:* 770 tkr.  
*Sigte:* udvikling  
*Ansvarlig:*  
*Aquasave ApS*

Formålet med projektet er udvikling af udstyr og bestemmelse af procesparametre, der muliggør stor-skala adskillelse af brugt bejdse i 3 dele: Zink, der udvindes som metal og genanvendes i galvaniseringen, jern-(II)chlorid på koncentreret form eller jern som metal til anvendelse uden for virksomheden og regenereret saltsyre, der genanvendes direkte i bejdsen. Genvindingsprocessen baseres på følgende teknologier: membran-teknologi, ionbytning og elektrolyse. Fase 1: Research, udvikling og laboratorieforsøg. Fase 2: Bygning og afprøvning af pilotanlæg.

Brugte bejdsebade med store koncentrationer af jern og zink må idag bortskaffes som kemikalieaffald til Kommunekemi eller til udenlandsk leverandør af saltsyre, da der ikke findes metoder til oparbejdning af bejdsebadene. Årligt forbrug i Danmark af jern: 400 tons, zink: 240 tons.

Projektansvarlig er Aquasave. Øvrige deltagere er K.L. Engineering, BS Plastic, Middelfart Galvanisering og Ferritslev Jernvarefabrik.

Første del af projektet er gennemført med succes. Projektet må betegnes som procesændringer og recirkulation. Ændringerne må betegnes som anvendelse af kendte kemiske reaktioner i industriel og praktisk målestok og optimering af de enkelte processer i bejdsebadene. De potentielle årlige besparelser vil for en virksomhed som Ferritslev Jernvarefabrik være på 450 t.kr.

Aquasave nævnte også problemet med likviditeten i projekterne for mindre virksomheder. Foreslår mulighed for en ratebetaling.

I implementeringsfasen er der sket et skift fra Middelfart Galvanisering til Ferritslev Jernvarefabrik, idet sidstnævnte netop pt. har et procesudstyr med opdeling af aftrækkerbad og bejdsebad, der er en forudsætning for teknologiændringen. Som baggrund for hele problemstillingen er det vigtigt at nævne, at da tilsynet tidligere skærpede kravene til udledning fra galvanovirksomheder, indskrænkede de fleste virksomheder deres antal af procestrin til et enkelt procestrin på grund af afgiften til Kommunekemi. Dette har betydet dårligere styr på de enkelte råmaterialer i processen og dårligere mulighed for adskillelse af de enkelte komponenter.

Initiativet kom fra Aquasave efter idé fra driftleder på Middelfart Galvanisering.

Rapport: Poul Erik Skakke: 'Genindvinding af zink fra brugte bejdsebade til varmgalvanisering, Fase 1'. Aquasave ApS 1993, 35 sider.

### **Anvendelse af katodisk elektrodyppemaling**

*Periode:* 10.87-4.89  
*Bevilling:* 852 tkr.  
*Sigte:* udvikling

Katodisk elektrodyppemaling er en nyere proces fortrinsvis til korrosionsbeskyttende grundmaling af metalvarer. Emnerne dyppes i vandig maling med lavt tørstofindhold og jævnstrøm til udfældningen på metallet.

*Ansvarlig:  
Teknologisk Institut -  
Overfladeteknik*

Metoden har en række tekniske og miljømæssige fordele fremfor de traditionelle alternativer, og den anvendtes på daværende tidspunkt kun af en enkel virksomhed i Danmark. Senere er endnu en virksomhed skiftet fra anodisk til katodisk elektrodypemaling. Omstillingen er sandsynligvis fremtvunget af kunders krav om bedre holdbarhed af malebehandlingen. Projektets formål var at gennemgå metoden teknisk, miljømæssigt og økonomisk for at forbedre beslutningsgrundlaget for interesserede virksomheder.

Af jernindustriens 500-600 betydende virksomheder ville formentlig 100 virksomheder umiddelbart have stor gavn af processen. Den miljømæssige effekt ville være eliminering af opløsningsmiddelemmissioner på 50-75 kg/dag fra en række virksomheder.

Industri og Handelsstyrelsen medfinansierede projektet med yderligere 552 t.kr.

Teknologiændringen er en procesændring, hvor den traditionelle sprøjte-påføring af maling nu sker ved elektrisk jævnstrømspåføring. Metoden giver næsten 100% udnyttelse af malingen, hvor de traditionelle metoder ofte giver op til 50% spild. Endvidere er der ved metodens anvendelse en opløsningsmiddelreduktion på 9/10 af det traditionelle forbrug. Metoden kræver en produktion af en vis størrelse, før den kan benyttes rentabelt.

Projektet var af DTI tænkt som en oprustning af dansk industri som forberedelse til en større produktion i Danmark af originale dele til automobiler, dvs underleverancer til de europæiske bilfabrikker. Adgang til processen er ofte en forudsætning for at opnå de nævnte kontrakter. Miljøstyrelsen var interesseret i at få gennemprøvet og spredt resultaterne og var derfor medinitiativtager.

Senere er der blevet ansøgt om en videre implementering af processen i form af et demonstrationsanlæg hos en større jysk industrilakerer. Efter at projektet var bevilget bedømte virksomheden på grund af markedets størrelse, at deres egeninvestering i anlægget ville være for risikofyldt og skrinlage derfor demonstrationsanlægget. Med et økonomisk opsving kan opførelsen af et anlæg igen blive aktuelt.

Rapport: Teknologisk Institut: 'Katodisk elektrodypemaling'. Miljøprojekt nr.143, Miljøstyrelsen 1988.

*Periode: 1.88-7.89  
Bevilling: 987 tkr.  
Sigte: udvikling  
Ansvarlig:  
Teknologisk Institut -  
Overfladeteknik*

#### **Malematerialer ved reparationsmaling af automobiler**

Der skulle etableres et grundlag for at anvende malingssystemer med intet eller reduceret indhold af organiske opløsningsmidler ved et uændret kvalitetsniveau af overfladebehandlingen. Der blev bl.a. sigtet mod at erstatte 2-komponent epoxymaling med vandbaserede alternativer.

Der blev i 1989 repareret 300000 enheder/år med et forbrug på 2000 m<sup>3</sup> malematerialer, hvoraf 50% var opløsningsmiddelbaseret med belastning af miljøet til følge.

Projektansvarlig var DTI, Overfladeteknik. Øvrige projektdeltagere var Schmidt Autolakering, Sadolin og Baden-Jensen. Bevillingen var på 987 t.kr.

Det lykkedes ikke at finde en tilfredsstillende autolak på vandbasis, men der blev eksperimenteret med en ny type sprøjtedyse med mindre spild og med en ny high solid lak. Teknologiændringen bestod derved både af en produktændring og en procesændring. Sommeren 1994 har FAI modtaget støtte til afprøvning af vandfortyndbare malinge til autoreparationslakering og ansøgt om støtte hertil fra LIFE-programmet. Dette er et eksempel på, hvor hurtigt udviklingen går.

Projektet var initieret af Miljøstyrelsen.

Rapport: 'Reparationsmaling af automobiler'. Miljøprojekt nr.144, Miljøstyrelsen 1989, 124 sider.

#### **Vandbaseret metalaftning**

*Periode: 5.88-3.89*  
*Bevilling: 275 tkr.*  
*Sigte: implementering*  
*Ansvarlig:*  
*JTI - Kemiteknik*

Formålet med projektet var at formindske afkast til omgivelser vha. alternative affedtningsmetoder.

Der importeres 2160 tons 1,1,1 trichlorethylen/år til Danmark. Århus ribberørsfabrik, der var den implementerende virksomhed, havde en emission til omgivelserne på ca. 20 tons/år, hvilket ville bortfalde med det alternative anlæg.

Projektansvarlig var DTI, Århus. Den deltagende virksomhed var Århus Ribberørsfabrik, og anlægget blev konstrueret af GAJ Denmark.

Projektet var en procesændring til affedtning. Projektet mislykkedes og blev aldrig afsluttet. GAJ Denmark gik i betalingsstandsning midt i forløbet, og siden er Århus Ribberørsfabrik blevet nedlagt. Det var krav fra Århus Kommune angående emissionsforhold på Århus Ribberørsfabrik, der udløste et samarbejde mellem GAJ Denmark, Århus Ribberørsfabrik og DTI, Århus. Miljøstyrelsen var betænkelighed overfor projektet og krævede DTI, Overfladebehandling med i projektet til udførelse af materialeafprøvninger. Anlægget blev leveret til Århus Ribberørsfabrik, men kom aldrig til at fungere. På det tidspunkt trak DTI, Århus sig ud af projektet. Afprøvningen viste, at 'emnerne' faldt ned i anlægget, dampen lakkede flere steder fra anlægget, og emnerne nåede ikke at tørre før pulverlakering. Der blev foreslået forbedringer, men GAJ Denmark ville ikke påtage sig dette uden ekstra betaling. Det endte så med en syns- og skønssag, hvor syns- og skønsmanden skønnede at anlægget var uegnet til formålet.

Rapporter: DTI: 'Anvendelse af vandige produkter til affedtning af stål inden malebehandling - Delrapport'. 1988, 90 sider.

'Forundersøgelse, fase 1 med henblik på etablering af et demonstrationsanlæg for vandbaseret metalaftning'. Jysk Teknologisk 1988.

*Periode: 4.88-9.89*  
*Bevilling: 1535 tkr.*  
*Sigte: implementering*  
*Ansvarlig: DISA*

### **Opløsningsmiddelfri affedtning og lakering i jernindustrien**

Projektet bestod i etableringen af et vandigt jernfosfateringsanlæg og et pulvermalingsanlæg med et slyngrensningsanlæg, et 3-trins alkalisk affedtningsanlæg, en vandtørreovn, en pulverkabine, en hærdeovn, en tørfilterboks og tilhørende krananlæg og conveyorsystem. Endvidere metoder til rensning af hydraulikrør og -komponenter.

Miljøeffekten ville være at undgå udledning af ca. 4000 liter/år trichlorethylen og ca. 200 liter/år øvrige opløsningsmidler til atmosfæren. Endvidere reduktion på ca. 50 liter/år trichlorethylen, 300 liter/år fra zinkfosfateringen og 1200 liter/år malingsrester til Kommunekemi.

Projektansvarlig var DISA. Øvrige deltagere var DTI, Overfladeteknik. Projektets totalbudget var på 8424 t.kr.

Teknologiændringen må betegnes som en procesændring. Både miljømål og de økonomiske mål blev nået i projektet. Bl.a. har lakeringen vist sig stærkere end den traditionelle, som derved har gjort det muligt at spare efterfølgende arbejdsfunktioner så som indfedtning, reparationsmalinger mv. DISA er også begyndt at tage malerarbejder for andre virksomheder.

DISA var initiativtager til projektet motiveret af forventede krav til udledning af organiske opløsningsmidler og interessen i at have ordentlige miljø- og arbejdsmiljøforhold.

Rapport: 'Miljøvenlig affedtning i jernindustrien'. Miljøprojekt nr.159, Miljøstyrelsen 1991.

*Periode: 1.89-1.90*  
*Bevilling: 2200 tkr.*  
*Sigte: udvikling*  
*Ansvarlig: Teknologisk Institut - Overfladeteknik*

### **Vandfortyndbar maling til cykelstel**

Det skulle undersøges, om det var muligt at erstatte de nuværende metoder til maling af cykler med alternative metoder, eller at formindske emissionen ved de nuværende metoder. Projektet var en fortsættelse af projektet om anvendelse af Miljøprojekt nr. 126 om miljøvenlige malematerialer i jernindustrien. Projektet havde sit udgangspunkt i en henvendelse fra cykelfabrikken Everton om økonomisk støtte til automatisering af sprøjtemalingen af stel og gafler. Formålet var især at forbedre arbejdsmiljøet og lette malernes fysisk meget krævende arbejde. Det blev givet støtte, forudsat at der gennemførtes en forundersøgelse af mulighederne for at erstatte de hidtil anvendte opløsningsmiddelholdige malinger med vandfortyndbare malinger.

Der blev brugt ca. 1500 liter maling/år, hvoraf mindst halvdelen var opløsningsmidler, der blev udledt til det fri.

Projektansvarlig var DTI, Overfladeteknik. Øvrige deltagere var Everton-gruppen og Johs Schou's farve og lakfabrik. Projektbevillingen var på 2.200 t.kr., men da projektet blev stoppet før implementeringen, blev der kun brugt 643 t.kr.

Teknologiændringen må betegnes som procesændring. Projektet blev afsluttet efter forundersøgelsen, idet forsøgene viste, at det med de tilgængelige vandfortyndbare malinger ikke var muligt at opnå et resultat,

der teknisk og kommercielt var tilfredsstillende og på højde med de hidtil anvendte produkter. Hovedparten af danske cykler sælges på et flot og farvestrålende udseende og garanti for lang holdbarhed. Maling påføres 6-7 gange pr. stel, dvs grundmaling, 3-4 kulørgivende lag og endelig en klar lak til beskyttelse af kulærerne . Ovnhærdning foretages efter hver påføring. Ialt en krævende og kompliceret proces. Teknologiændringen stillede skærpede krav til forbehandling af emnerne og til en bedre husholdning i forbehandlingen.

Rapport: DTI - Overfladeteknik har udarbejdet en ikke offentliggjort rapport.

#### **Alternativer til affedtning af aluminium med trichlorethylen -**

#### **Recirkulation af spildevand ved affedtning vha. membranfiltrering**

*Periode: 5.89-9.91*

*Bevilling: 1100 tkr.*

*Sigte: implementering*

*Ansvarlig:*

*JTI - Kemiteknik*

Det oprindelige projektforslag var udvikling og afprøvning af alternativer til trichloraffedtning. Ret hurtigt i projektet viste det sig, at der allerede var udviklet vandbaserede affedtningsmidler. Projektet blev derfor afgrænset til en del af et sådant vandbaseret affedtningsanlæg, nemlig recirkulation af spildevandet ved hjælp af ultrafiltrering.

Der findes 32 støberier og ca. 50 virksomheder, der forarbejder aluminium i Danmark. Der eksisterer ingen kvantitativ vurdering af mængden af affedtningsmidler, der bruges til affedtning af aluminium.

Projektansvarlig var DTI, Miljøteknik. I startfasen af projektet var Metallic A/S og B&O deltagende virksomheder, men ved præciseringen af projektet blev metoden afprøvet på Scancoat, Dampa og Henkel. Bevillingen var på 1.100 t.kr., hvoraf DTI, Miljøteknik fik de 720 t.kr.

Teknologiændringen er en procesændring vha. recirkulation og må betegnes som en mindre, men væsentlig del af et anlæg til vandbaseret affedtning af aluminium. Ultrafiltrering er en kendt teknologi i andre sammenhænge, men dens brug til denne proces må betegnes som den teknologisk nyhed. Dampa, som er en af de største overfladebehandlere med 160 ansatte, har fine resultater med brugen af anlægget. Efter et halvt år med et forsøgsanlæg besluttede de sig et købe et fuldskaalanlæg, der har fungeret upåklageligt og meget driftsikkert i 2½ år.

Forbruget af kemikalier til fældning er blevet reduceret betydeligt, og der er ca. 80% genbrug af tensiderne. Endvidere er væskeforbruget blevet reduceret fra 25 til 15 m<sup>3</sup> i døgnet. Miljømålene er dermed blevet indfriet.

Dampas interesse for at gå ind i projektet var bl.a. betinget af deres renseanlægs for lille kapacitet, så derfor var de interesseret i en reduktion i deres spildevandsmængde. Projektet er et eksempel på, at kendskabet til området ikke var tilstrækkeligt i formuleringen af projektet, men at kombinationen af forskellige teknologiske metoder resulterede i et godt og brugbart projekt.

Rapport: 'Recirkulation af spildevand ved affedtning vha. ultrafiltrering'. DTI-Miljøteknik 1991.

Periode: 8.87-12.94  
Bevilling: 2477 tkr.  
Sigte: implementering  
Ansvarlig:  
Teknologisk Institut -  
Overfladeteknik

**Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner**  
Projektet skulle ved demonstration dokumentere miljø- og anvendelsestekniske forhold. Formålet var gennem fuldskala afprøvning at dokumentere miljø- og anvendelsestekniske forhold samt kvalitet ved anvendelse af mindre forurenende blæserensmetoder og vandige malematerialer. Afprøvningen blev foretaget af virksomheder i branchen, bl.a. DSB, Fynsværket, DONG, Søværnet, Vejdirektoratet, Monberg og Thorsen, Imprex, Elsam mv., således at dokumentation skete under normale arbejdskonditioner. Bedømmelsen tog udgangspunkt i forholdene ved anvendelse af traditionelle opløsningsmiddelholdige produkter. Sekundært var det formålet, at afprøvningsresultaterne i sig selv skulle tjene som demonstration og derved fremme anvendelsen af de mindre miljøbelastende materialer. 3 projektfaser: 1) Forundersøgelse m. materialebeskrivelser og status i virksomheder. 2) Eksperimentel del til undersøgelse af materialernes egenskaber. 3) Demonstration og implementering.

Årligt blev der ved projektets start behandlet 15 millioner m<sup>2</sup> med 500.000 tons kvartssand, hvoraf halvdelen blev spredt til omgivelserne. Krystallinsk kvarts er meget sundhedsskadeligt. Af det årlige forbrug af malematerialer til korrosionsbeskyttelse på 8.000 tons var de 4.000 tons opløsningsmidler.

Projektansvarlig var DTI, Overfladeteknik. Øvrige deltagere var Nordisk institut for farve og lakforskning samt en lang række industrielle virksomheder. Bevillingen blev delt op i 3 separate projekter. Det samlede budget var på 3.868 t.kr.

Projektet må betegnes som procesændringer. De implementerende virksomheder har i en del tilfælde taget metoderne til sig, men først og fremmest har projektet bestået i en afklaring af begrænsninger af materiale, anvendelse og metoder. Som blæserensmetode anvendtes vand tilsat sand eller vand alene. Anvendelsesbegrænsninger skyldtes typisk rustproblemer, klima- og frostfølsomhed. Ved anvendelsen af metoderne var miljøeffekten en reduktion på 80-90% af organiske opløsningsmidler og en reduktion af støvmængden på 80-90%.

Projektet har forløbet tilfredsstillende, og der har generelt været stor interesse fra industriens side. Industrien forventer regler på anvendelse af organiske opløsningsmidler, men er samtidig lidt modvillige til at anvende alternativer, førend det bliver nødvendigt. Der har været et godt samarbejde med maleleverandører.

Rapporter: Jensen, Niels Lund; Rachlitz, Marianne: 'Blæserensningsmetoder'. Miljøprojekt nr.147, Miljøstyrelsen 1990, 144 sider.

Niels Lund Jensen, Marianne Rachlitz: 'Demonstrationsprojekter for anvendelse af mindre forurenende blæserensningsmetoder og vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner'. Teknologisk Institut - Overfladeteknik 1993, 57 sider.



*Periode: 8.89-12.89*  
*Bevilling: 301 tkr.*  
*Sigte: implementering*  
*Ansvarlig:*  
*Ginge-Raadvad A/S*

#### **Demonstrationsprojekt vedr. kryoaflakning af ophæng i pulverlakeringsanlæg**

Emner, der skal pulverlakeres, ophænges i kroge eller lign., inden de indføres i lakeringsanlægget. I selve sprøjteprocessen rammer en betydelig del af pulveret ophænget, hvorfor ophængene med jævne mellemrum skal aflakeres. Formålet med projektet var afprøvning af en aflakeringsmetode: kryoaflakning. Princippet i kryoaflakning består i at, at ophænget afkøles til -196 grader celsius ved neddykning i flydende kvælstof, hvorefter lakken krakelerer og kan fjernes ved en letblæserensning vha. genanvendelige stålsluger. Princippet var kendt gennem litteratur fra udlandet.

Traditionelt fjernes belægningerne fra ophænget ved afbrænding af lak med en betydelig luftemission til følge, og dernæst en opløsning i kemikalier, hvorved der opstår betydelige mængder kemikalieaffald, der skal bortskaffes til Kommunekemi.

Projektansvarlig var Ginge A/S. Øvrige projektdeltagere var Hede Nielsen A/S, der leverede det flydende kvælstof og Schebye Teknik, der leverede blæserensningsanlægget. Det samlede projektbudget var på 602 t.kr.

Teknologiændringen må betegnes som en procesændring. Metoden bragtes til at fungere på store emner, mens det ikke lykkedes på de små. Metoden blev også for dyr, hvorfor den kun fungerer i dag på meget store emner. Energiforbruget blev øget, og der forekom problemer med selvantændelse af kvælstoffet.

Initiativet blev taget af leverandøren af kvælstofanlægget, Hede Nielsen. Motivationen for Ginge til at gå ind i projektet skyldtes bl.a., at afbrændingsmetoden blev forbudt.

Rapport: Ikke publiceret.

*Periode: 4.90-4.91*  
*Bevilling: 1376 tkr.*  
*Sigte: implementering*  
*Ansvarlig:*  
*A-B-C Coating*

#### **Demonstrationsanlæg med anvendelse af high solid og vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse**

Etablering af demonstrationsanlæg for udførelse af korrosionsbeskyttelse med high solid malinger og vandige malinger (hybridsystemer) af større stålkonstruktioner (eksempelvis kultransportanlæg, kraner og bygningsstål på kraftværker). Demonstrationsprojektet er et supplement til projektet om vandige malinger til korrosionsbeskyttelse. Projektet omfatter anlægsprojektion, udvikling af malingssystemerne og afprøvning i reel produktion.

Der blev med benyttelse af systemerne regnet med en reduktion i opløsningsmidelemmission på ca. 70%, hvilket for ABC-Coating betød en årlig reduktion fra ca. 58.000 liter til ca. 17.000 liter. Pt. nov. 1994 har beregninger på ABC-Coating vist, at der har været en besparelse på 75% for året 1994. ABC-Coating er meget tilfreds med denne besparelse, der er opnået samtidig med en markant øgning i produktionen.

Projektansvarlig var ABC-Coating og med i projektet var DTI, Overfladeteknik og Hempel Coatings.

Miljømålsætningen er nået med projektet. Endvidere er andre afledte indirekte miljømål blevet indfriet. Det drejer sig om et hurtigt produktionsgennemløb, da der kun benyttes 2 lag maling i stedet for tidligere 3-4 lag. Endvidere også hurtigere tørringstid og afhærdningstid. Der er stor modstandsdygtighed mod mekaniske påvirkninger ved håndtering, transport og montage. Der er ca dobbelt så lang levetid af coatingen. Reparation og vedligeholdelse kan foretages med vandige malinger.

Metoden kan uden videre benyttes af andre virksomheder og er allerede spredt i branchen. Den omtales i Miljøstyrelsens brancheorientering. ABC Coating mener også, at den burde benyttes endnu mere som et instrument i miljøforebyggelsen. ABC-Coating nævnte, at konkurrencen og pristrykket fra virksomheder, der ikke af den lokale tilsynsmyndighed blev afkrævet de samme emissionskrav, gjorde det vanskeligt for de foregangsivrige virksomheder at foretage de risikobetonede investeringer. ABC-Coating mente, at der med hensyn til udledningskrav for organiske opløsningsmidler burde stilles de samme tilsyns krav i hele Danmark. ABC-Coating vil gerne arbejde videre med andre malesystemer, men tør ikke tage risikoen alene uden offentlig støtte.

Initiativet til projektet kom fra en brugervirksomhed, nemlig ABC-Coating.

Rapport: Niels Lund Jensen, Marianne Rachlitz: 'Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner'. Miljøprojekt nr.216, Miljøstyrelsen 1993, 48 sider.

#### **Udvikling og afprøvning af anlæg for køle-smøreolie, affedtningsvand, opløsningsmidler m.m.**

*Periode: 1.91-3.94*

*Bevilling: 3763 tkr.*

*Sigte: implementering*

*Ansvarlig:*

*Envotech A/S*

Der skulle udvikles udstyr til bearbejdning af spildprodukter med stort vandindhold ved destillation med en meget energieffektiv proces: Ved en kombination af mekanisk dampkompression (varmepumpeproces) og coalescerudskillelse reduceres restproduktet til ca. 5%. Fase 1: Udvikling af anlæg til håndtering af køle/smøreolier, affedtningsvand m.v. Fase 2: Udvikling af tilsvarende anlæg til håndtering af spildevand fra bl.a. levnedsmiddelindustrien. Fase 3: Afprøvning af prototyper i udvalgte virksomheder. Udarbejdelse af dokumentation og efterfølgende opstilling af demonstrationsanlæg.

Der er i Danmark et stort forbrug af vandopløselige køle-smøremidler samt olieholdigt spildevand. Bortskaffelsen af disse sker ved forbrænding på Kommunekemi. Da ca. 95% af affaldet er vand, er der et stort energispild. Endvidere er der ved de fleste industrielle processer en mulighed for at recykle vandet, afhængigt af de renhedskrav, der sættes til vandet.

Der er tale om en procesændring, der er et vigtig del af et anlæg til vandopløselige affedtningsprocesser. De to deltagende virksomheder mente begge, at principperne i anlægget fungerede godt, men at komponentvalget var for dårligt i forhold til de aggressive miljøer, hvori udstyret skulle arbejde. Det betød alt for mange produktionsstop og problemer. Virksomhederne havde meget forskellig opfattelse af, hvorvidt metoden kunne benyttes fremover. Grundfos mente, at med justeringer og

forbedringer var metoden god, mens Valdemar Birn Maskinfabrik mente, at for deres specifikke type spildevand ville princippet sandsynligvis ikke komme til at fungere bedre end traditionelle fældningsanlæg.

Det er blevet bevilliget penge til minianlæg af samme type, hvorved anvendelsen af anlægget pludselig vil blive aktuelt for små og mellemstore virksomheder, bl.a. metalforarbejdende, lakererier, galvaniske virksomheder mv. Der har været stor interesse for anlægget mange steder, og det er allerede blevet spredt i flere brancher.

Rapport: 'Udvikling af anlæg til håndtering af køle-smøreolier, affedtningssvand o.lign.'. Envotech 1993.

#### **Pilotanlæg til infrarød tørring af malede flader på togvogne og andre store emner**

*Periode: 1.92-6.92*

*Bevilling: 602 tkr.*

*Sigte: implementering*

*Ansvarlig:*

*ABB Scandia A/S*

Formålet var at afprøve et tørringsanlæg bestående af en datamatstyret portal eller bue, som kører hen over togvognen. Inde i buen er placeret IR-rør, som udsender mellembølgestråler, der opvarmer den malede overflade. Dette skulle reducere tørretiden med ca. 35% i forhold til den førhen anvendte metode med et oliefyret tørreanlæg, og dermed også spare energi og nedsætte forureningen. 4 projektfaser: 1) Vurdering og driftsøkonomiske beregninger, tilbud fra lev. 2) Opbygning, indkøring. 3) Beskrivelse af resultat. 4) Demonstration for interesserede produktionsvirksomheder. Miljøstyrelsen tog på basis af viden om produktionsforhold hos de tyske automobilfabrikker initiativ til, at projektet blev udvidet til også at omfatte anvendelsen af vandfortyndbare malinger på de inderste malingslag.

Miljøproblemet var et stort energiforbrug og deraf følgende forurening. I 1989 var Danmarks totale udslip af CO<sub>2</sub> ca. 50 millioner tons, af NO<sub>x</sub> ca. 250.000 tons og af SO<sub>2</sub> ca. 200.000 tons.

Projektet må betegnes som en procesændring. Projektet opnåede sit miljømål, således at anlægget er i fortsat drift, og at der derved er sket en reduktion i energiforbruget på ca. 75%, og derved også en reduktion i udledningen af SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, og CO<sub>2</sub>. Samtidig er tørretiden nedsat med 35%. Endvidere er der ved den efterfølgende overgang til vandige malinger sparet 25.200 kg opløsningsmidler/år, hvilket svarer til ca. 70% reduktion af VOC-forbruget. Virksomheden arbejder stadig videre med at indføre vandbaserede malinger i stedet for de opløsningsmiddelbaserede. Anlægget kører godt.

Initiativet blev taget af ABB Scandia A/S, idet de forventede restriktioner eller afgifter på CO<sub>2</sub> udledninger. Der var en frygt for at skulle investere op mod 10 mio.kr. i et forbrændingsanlæg.

Samarbejdet har fungeret godt, dog forekom testproceduren ved DTI virksomheden lang. ABB Scandia har kunnet vælge mellem 4 malingleverandører. Til virksomhedens forbavelse er der stor spredning i leverandørernes pris.

Rapport: Ikke publiceret.

*Periode: 9.92-1.93*  
*Bevilling: 214 tkr.*  
*Sigte: implementering*  
*Ansvarlig:*  
*BRINK A/S*

**Etablering af maleanlæg for vandbaseret maling, opbygget i lukkede kredsløb. Tørring af vandbaseret maling ved anvendelse af tør luft**  
Projektet formål var overfladebehandling af anhængertræk med vandbaseret maling, der skulle tørres ved anvendelse af tør luft. Det projekterede anlæg består af 3 hovedkomponenter: forbehandling, dyppelakering og tørring efter forbehandling samt tørring af maling. Dyppemalingen har kun ringe miljømæssig effekt. Projektets hovedformål var benyttelse af en affugter i forbindelse med et lukket kredsløb af tørringsenhederne.

Energibesparelsen skulle således være ca. 80 -115.000 kWh/år i forhold til tørring ved konventionel metode. Besparelsen opstår som følge af, at store mængder metal (4-5 tons pr. dag) ikke skal opvarmes for straks derefter igen at skulle nedkøles. Det sker, fordi tørringen foregår ved 35-40 grader C. Endvidere er der ikke det store luftskifte at opvarme som i et konventionelt anlæg.

Projektet var en procesændring og recirkulation af tør luft. Projektet var en del af opstarten af en ny produktion, og derved kan projektets succes ikke ses isoleret. Anlægget fungerer tilfredsstillende hos Brink. Det har i forhold til traditionelle tørreanlæg betydet besparelser for virksomheden.

Motivationen til projektet skyldtes dels lavere energiudgifter, lettere adgang til at opnå miljøgodkendelse og bedre reklame i fremtiden ved at have en ordentlig miljøprofil. Dette har bl.a. pt. resulteret i en ny kunde.

Spredningspotentialet er til virksomheder, der har energitunge tørringsanlæg, hvori der tørres vand bort. Dette kan være efter renseprocesser som efter maling med vandbaseret maling. En speciel fordel vil det være for maling af produkter, der indeholder dele, der ikke tåler opvarmning.

Rapport: Kim Galsgaard: 'Tørreproces ved affugtning'. Brink A/S 1992, 13 sider.

### **2.3 Behandlede miljøproblemer og vurdering af det valgte fokus**

*Væsentligste  
miljøbelastninger*

I det følgende vurderes, hvordan renere teknologi programmet har forholdt sig til miljøproblemerne ved industriel overfladebehandling. I brancheprofilen (Appendix A) og nøgletalsundersøgelsen (Appendix B), er der oversigter over de væsentligste miljøbelastninger fra overfladebehandling: I forbehandlingsprocesserne er det ved mekaniske renseprocesser brugen af kvartssand, der er det væsentlige, mens det ved kemiske renseprocesser er følgende: Først og fremmest luftemissionen fra de organiske opløsningsmidler, specielt de klorerede forbindelser. Endvidere er der kemikalieaffald fra affedtning med klorerede opløsningsmidler (kasserede bade, mættede kulfiltre) og energien til processerne. Dernæst er det kemikalier som fast og flydende affald fra de vandbaserede affedtningssystemer og fosfatering/chromatiseringsprocesserne. Det drejer sig om tensider, silikater, fosfater, chromater og olie. Endelig er forbruget af vand og elektricitet af betydning i de vandbaserede systemer.

Fra galvanisk produktion er de væsentligste miljøbelastninger tungmetaller i spildevand. Endvidere er der tungmetaltholdige filterkager (fast affald) fra metalhydroxidfældning af spildevandet. Lejlighedsvis skal brugte procesbade bortskaffes med indhold af syrer, bejdser og tungmetaller. Luftemissioner er praktisk taget uden betydning for det ydre miljø. Der kan forekomme aerosoldannelse og dermed arbejdsmiljøproblemer i arbejdslokalet. På ressourcesiden tæller forbruget af tungmetaller og syrer samt vand og elektricitet.

Ved den organiske overfladebehandling er det specielt luftemissionen fra de organiske opløsningsmidler samt energiforbruget ved de efterfølgende tørringsprocesser, der udgør de væsentligste miljøbelastninger.

Luftemissioner, anden eksponering og håndtering af giftige stoffer og materialer udgør en væsentlig arbejdsmiljøbelastning ved alle overfladebehandlingsprocesserne.

#### *Komplekse sammenhænge*

Ved vurderingen af indsatsen fra renere teknologi programmet skal det først nævnes at området betragtet som helhed er blevet prioriteret højt og har fået mange midler, ca. 46 mill.kr. Samtidig er der dog mange forskellige procestyper indenfor området, og disse processer griber ind i hinanden på en sådan måde, at det er vanskeligt at fremkomme med enkle renere teknologi resultater til de forskellige procestyper. F.eks. afhænger resultatet af metal- eller malingpåførslen helt af de forudgående forbehandlingsprocesser. Disse kan derfor ikke vurderes separat, men altid i en sammenhæng.

#### **Forbehandling**

Forbehandling betragtet som selvstændigt område ses primært i forbindelse med den organiske overfladebehandling, mens forbehandlingen indenfor galvano og varmforzinkning indgår som en integreret del af hele procesforløbet.

#### *Mekanisk rensning*

For mekaniske rensemetoder blev der startet med en udredning om mindre forurenende blæserensemetoder på stålkonstruktioner, som førte videre i et demonstrationsprojekt. Fokus var her alternativer til kvartssandet, hvilket vurderes som et rigtigt fokus.

#### *Kemisk/biologisk rensning*

Til den kemiske og biologiske rensning har hovedinteressen først og fremmest drejet sig om at afskaffe trichloranlæg og indføre vandbaserede affedtningsystemer. Starten var et udredningsprojekt om vandige produkter til affedtning af stål efterfulgt af et implementeringsprojekt om opløsningsmiddelfri affedtning og lakering i jernindustrien, hvor bl.a. DISA var involveret. Dette blev fulgt op af et projekt om både vandig affedtning og affedtning i chlorerede opløsningsmidler. De vandbaserede systemer har vundet meget frem siden, men har stadig mange problemer ved anvendelse såsom øget spildevandsmængde, tensider, detergenter og olie i spildevand.

For at komme disse problemer til livs og samtidig gøre det økonomisk attraktivt for virksomhederne at indføre systemerne var det derfor nødvendigt at fokusere på recirkulationsmetoder og genbrug. Flere projekter er derfor blevet igangsat til forbedring af de vandbaserede affedtningsanlæg.

Her kan bl.a. nævnes et projekt om ultrafiltrering til recirkulation af spildevand, et andet om et anlæg, der kan adskille olie og vand og recirkulere spildevandet og dermed nedsætte mængden af det flydende affald til Kommunekemi. Der har også været givet penge til et mislykket forsøg på et helt integreret vandbaseret anlæg til metallaftøjning. Resultaterne fra renere teknologi projekterne om forbehandling er blevet opsamlet i en håndbog om kemiske rensprocesser i jern- og metalindustrien.

Indenfor forbehandling skal der ofte foretages yderligere processer på produktet, før der pålægges enten maling eller metal. f.eks. fjernelse af oxider, hvilket sker i syrebejdser. Der er igangsat et projekt til regenerering af jern og zink fra brugte bejdsebade for varmforzinkere.

Fosfatering og chromatering er meget udbredte processer i forbehandlingen efter afføjningen, idet det forlænger korrosionsbestandigheden. Flere projekter har derfor forsøgt at genvinde metaller fra disse bade ved elektrolyse, ionbyttere mv. Her kan nævnes projektet om genanvendelse af chromateringsbade hos Indu-Lak, Roskilde Galvanisering og Tandrup Jernvarefabrik, og også projektet om genanvendelse af fosfateringsbade på Labofa. Da chrom er et meget giftigt stof både i miljøet og arbejdsmiljøet, har det derfor samtidigt været vigtigt at lave fosfatering uden chrom. Dette er blevet foretaget med succes hos Louis Poulsen.

#### *Rigtigt fokus*

Det miljømæssige fokus indenfor området vurderes til at have været rigtig. Energiforbruget skal dog have en større plads i det fremtidige arbejde, specielt ved en mere udbredt brug af de vandbaserede systemer.

#### **Galvanisering**

For galvanisering har der været kørt 3 linier siden programmets start i 1987. Den ene linie har været ombygning af eksisterende anlæg, den anden linie har været lukkede anlæg til galvanisk produktion og den tredje linie udvikling af galvanomaskiner i forlængelse af automatiske produktionslinier. Udgangspunktet for denne tredeling var erfaringer fra et tidligere projekt på Micro-Matic, der var støttet af Miljøstyrelsen.

#### *Ombygning af anlæg*

I linien for ombygning af eksisterende galvanovirksomheder er der blevet udført projekter på Sønderborg Fornikling, Kolding Hårdforchromning, Chemitalic, Midtjysk Forchromning, Tandrup Jernvarefabrik og Hagens Fjedre. Dette har primært bestået i ændret anlægsdesign, modstrømsskyl og ionbytning. Endvidere må behandlingen af chromatbejdser og genanvendelse af chromateringsbade fra forbehandlingsprocesserne også ses i denne sammenhæng. Indenfor denne linie indgår også projekter, der specifikt har set på udvikling af ionbyttersystemer til genindvinding af tungmetallerne.

#### *Lukkede anlæg*

Den anden linie om de lukkede anlæg videreførte erfaringerne fra Micro-Matic og implementerede dem på O.P. Stål og Tajco Assessories. Principperne er ændret anlægsdesign og anvendelse af ionbytning til genindvinding af nikkel og chrom. Dette projekt har ført over i et projekt om en vedligeholdelse af de tungmetallholdige elektropoleringsbade. I praksis er der dog stor overlap mellem principperne i linie et og to.

### *Automatisk produktionslinie*

Endelig er der linie tre med galvanomaskiner i en automatisk produktionslinie. Konceptet er blevet udviklet, men er kun blevet afprøvet på en virksomhed, Cekan. Andre virksomheder har ikke turdet binde an med at implementere konceptet. Projektet er efter nogles mening forud for sin tid. Det vil ved indførelse helt klart betyde en nedbringelse af den væsentligste miljøbelastning, nemlig tungmetaller i affald og spildevand.

### *Satsning imellem virksomhederne*

I erkendelse af de mange små galvanovirksomheder er der udført et projekt om modtagestationer, der mere rentabelt end de enkelte virksomheder kan oparbejde væsker, bejdser, bade mv. Endvidere er der satset stærkt på at opbygge et databasesystem generelt indenfor renere teknologi, som hedder RENTEK. Industriel overfladebehandling er en af de områder, der er omfattet af RENTEK. Systemet har oplysninger om alle procesmuligheder, der har miljømæssig betydning. Endelig har der også været forsøg med branchekonsulenter indenfor galvano området. Dette er blevet evalueret i en selvstændig rapport.

### *Rigtigt fokus*

Det må konkluderes, at det miljømæssige sigte for galvano-projekterne har været rigtigt i satsningen på at nedbringe mængden af tungmetaller, der frigives til miljøet i form af affald og med spildevandet, samt en nedbringelse af ressourceforbruget i form af vand og kemikalier.

### *Substitution af opløsningsmidler*

#### **Organisk overfladebehandling**

Fra programmets start i 1987 har der været fokuseret på substitutionen af opløsningsmidler enten ved brug af vandige systemer eller ved brug af high solid maling. Der har været udredningsprojekter om vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse og malematerialer ved industriel lakering. Det er blevet videreført i implementeringsprojekter for vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse, både et generelt projekt og dernæst et med både vandige og high solid malesystemer. Det er blevet forsøgt videreført i implementeringsprojekter i specifikke brancher: reparationsmaling af biler, vandfortyndbare lakprodukter i autobranschen, maling af cykelstel. Katodisk elektrodypemaling er blevet undersøgt for sig i et implementeringsprojekt pga. metodens tekniske kvalitet, og endelig er der i to projekter vedrørende tørring af malede produkter blevet fokuseret på energiforhold og tørringshastigheder.

### *Rigtigt fokus*

Det miljømæssige fokus vurderes til at have været rigtigt. For organisk overfladebehandling er energiforbruget også blevet inddraget som en vigtig miljøbelastning.

## **2.4 Det teknologiske og miljømæssige projektudbytte**

Mange af projekterne indenfor industriel overfladebehandling på metal har givet et positivt resultat. Der gælder bla. ABB Scandia med en reduktion på 70% af VOC-forbrug, ABC Coating med en reduktion på ligeledes ca. 70% af VOC-forbrug, Louis Poulsen med en chromfri overfladebehandling af aluminium, Johs. Tandrup med ca. 50% mindre kemikalieaffald, Sønderborg Fornikling med ca. 60% mindre vandforbrug mv. I området for overfladebehandling af metal er der tale om ganske komplicerede processammenhænge, hvor de første procestrin fra forbehandling får konsekvenser for de videre procestrin. Dette betyder, at selvom den

renere teknologi fungerer upåklageligt i et bestemt procestrin, får det evt. nogle negative følgevirkninger for produktionen i efterfølgende procestrin. Derfor har det været fornuftigt, at mange af projekterne i galvanoområdet har haft en mere helhedsorienteret indgang, selvom disse projekter set på kort sigt kræver flere ressourcer.

#### *Positive anvendelses erfaringer*

Fra spredningsundersøgelsen ses, at kendskabet til renere teknologi samt positive erfaringer med anvendelsen af renere teknologi er udbredt i brancheområdet. Kvalitetskravene gør, at virksomhederne meget nødt vil løbe risici ved en for dårlig overfladebehandling, og derved ikke vil indføre nye systemer, før de er gennemtestede. Kvaliteten af det færdige produkt er en vigtig konkurrenceparameter. Skal det være den samme kvalitet, der forlanges af en udendørs aluminiumslampe, en bil, et køleskab eller en elmast? Virksomheden sætter som regel selv sine kvalitetskrav, nogle gange bliver denne dog sat af kunderne.

#### **Forbehandling**

Den mekaniske forbehandling med blæserensemeter baseret på vandspuling eller vand med reduceret sandindhold blev afprøvet på mange store virksomheder. Resultaterne herfra er bl.a. blevet benyttet af de lokale miljøtilsyn til at stille krav om reduktion af støvbelastninger på teknisk korrekt basis.

#### *Vandbaseret affedtning*

Anvendelsen af vandbaserede affedtningssystemer har nedsat forbruget af klorerede kulbrinter betydeligt, hvilket kan ses i spredningsundersøgelsen. De vandbaserede anlæg kan dog have problemer med at fungere optimalt. Ofte er det vedligeholdelsen af badene sammenholdt med recirkulation af procesvandet og opkoncentration af affaldet, der er problemet. De fleste teknologi- og udviklingsprojekter for de vandbaserede systemer har koncentreret sig om udstyr til recirkulation og separation af olie/vand og ikke om selve princippet i den vandige affedtning, da det problem opfattes som løst rent teknisk. Problemer har der derfor været ved samspillet med det resterende affedtningsanlæg, f.eks. den fysiske udformning af karrene, der har betydning for fjernelse af bundfældet slam eller stofsammensætningen i de forskellige separationstrin mv. Løsningerne ses derfor ofte som meget individuelle for hver enkelt virksomhed og er svære at generalisere. Envotech producerer et anlæg til adskillelse af olie/vand og recirkulation af vandet. Da dette anlæg er ved at blive fremstillet tilpasset små virksomheder i kapacitet og pris, vil der måske her være et potentiale. Evt. kunne det overvejes at lave decentrale ultrafiltreringsanlæg, der kunne betjene flere virksomheder, hvorved anlægget kunne få en vis kapacitet og på den måde give en rentabel produktion. Endvidere bør biologiske metoder til adskillelse af olie/vandfaserne som f.eks. Novos udvikling af glykolipider, jvf. brancheprofilen, inddrages ved vurdering af udviklingsprojekter. De udgør en teknologisk landvinding, hvis man kan få dem produceret kommercielt. Novo har dog efteråret 1995 meddelt Miljøstyrelsen, at man stopper denne udvikling.

Da affedtning dækker over utrolig mange forskellige problemer som aggressive kemikalier, oxider, tensider, metalspåner, støv mv, er det centrale spørgsmål, hvordan selve samspillet mellem de forskellige dele af anlægget kan komme til at fungere, og ikke nødvendigvis det enkelte procestrin. På en workshop for brancheområdet i september 1994 blev det



### *Fosfatering*

nævnt, at der i Tyskland er krav om membranfiltrering på nye affedtningsanlæg. De virksomheder, som passiverer ved hjælp af et fosfateringsanlæg, inden de påfører enten maling eller metal, har haft succes med at skifte fra trichloranlæg. Først og fremmest er der projektet på DISA, som ved etablering af et fosfateringsanlæg har kunnet afskaffe affedtning ved hjælp af trichlor. Dette har fungeret godt.

Da specielt chromater er meget miljøbelastende, har der været flere tiltag for at genvinde chromaten eller helt undvære chromateringen både som forbehandlingsproces og som efterbehandlingsproces. På 4 virksomheder har der været kørt forsøg på at genvinde chromaten med en vis succes. Samtidig har der på Louis Poulsen været kørt forsøg med en chromfri passivering af aluminium, som stadig fungerer efter hensigten. Nogle personer i branchen er skeptiske overfor de langsigtede korrosionsegenskaber ved brug af den chromfri fosfatering.

### *Svær overførsel mellem virksomheder*

Da de danske virksomheder, som benytter passiveringsprocesser, er meget forskellige mht. størrelse, produktion, produkter mv, er det ofte vanskeligt at overføre erfaringerne fra en virksomhed til en anden på grund af de individuelle procesbetingelser, kvalitetskrav, karstørrelser, badsammensætninger mv. Selvom der ikke hersker tvivl om den tekniske mulighed for at oparbejde fosfateringsbade, kan det kræve lang indkøringstid, hver gang der overføres løsninger fra en virksomhed til en anden, og da virksomhederne ofte er små og uden vilje til at indføre nye systemer med usikker drift og økonomi, vil implementeringer sjældent kunne opnås alene af frivillighedens vej. Generelt tyder det derfor på, at teknologiudvikling og myndighedskrav til forbehandling skal tilpasses de strukturelle træk i branchen og inddeles i produktkategorier, hvis de skal have succes på mere end en virksomhed.

### *Fejlslagen strategi*

#### **Galvano**

Det miljømæssige udbytte af at opstille galvanomaskiner i automatiske produktionslinier har indtil nu været meget lille. Som sagt fungerer princippet udelukkende på en mindre højteknologisk virksomhed Cekan, der har en meget stor styk-produktion af et meget ensartet produkt med høje krav til kvalitet. Andre steder siges teknologien at være foran sin tid. Den er for avanceret og samtidig for kostbar at indføre.

IPU's strategi i udviklingen har været at gøre disse automatiske galvanoplanlæg så generelle, at der var et tilstrækkeligt marked for deres anvendelse. Denne strategi har ikke givet de ønskede resultater. I stedet mener Per Møller, IPU, at der skulle være blevet taget udgangspunkt i konkrete produktioner som f.eks. hos Cekan, implementere teknologien der, få den til at virke i forhold til den konkrete produktion og dernæst få teknologien til at sprede sig på basis af konkrete erfaringer. Nu står IPU med en teknologi, de færreste tør binde an med pga. mangel på succeshistorier og pga. de store udviklingsomkostninger.

### *Effekt i enkelte virksomheder*

De to andre udviklingslinier indenfor galvano, lukkede anlæg og ombygning af eksisterende virksomheder har haft en effekt i de virksomheder, hvor det er blevet afprøvet. Teknologisk har der været fokus på recirkulation af skyllevand sammenkoblet med forskellige principper for opsamling, opkoncentration og/eller regenerering af tungmetaller. Det

karakteristiske træk ved løsningerne er ifølge virksomhederne, at løsningerne er for dyre at implementere og vedligeholde. Teknisk set fungerer de udmærket. Det udprægede træk i projekterne er, at f.eks. modstrømskyl, dvs. ændringer på selve anlægsdesignet, som virksomhederne ofte selv kan foretage, er lavet og fungerer, mens de mere avancerede løsninger som ionbytning og elektrolyse bliver anset for for dyre af virksomhederne og vanskelige at operere. Dette imødegås af brancheorienteringen for galvanobranchen, hvor disse teknikker er dokumenteret at kunne betale sig.

Billedet er ligesom for projekterne vedrørende forbehandlingen, at løsningerne er designet for hver enkelt virksomhed, selvom de teknologiske processer i princippet kan fungere alle steder. Løsningernes gennemslagskraft bygger også på, at virksomhederne har en vis kapacitet, noget som ofte står i kontrast til de mange små løngalvanisører. Den økonomiske investering er ofte for stor for de små virksomheder. Det er derfor interessant, hvad der kommer ud af projektet med at lave opsamlingsanlæg for galvaniseringsbade, hvor tungmetallerne genindvindes. Det er et eksempel på en organisatorisk løsning for en hel branche i stedet for en teknisk løsning skræddersyet til den enkelte virksomhed.

#### **Organisk overfladebehandling**

##### *Godt udbytte*

Det miljømæssige og teknologiske udbytte af projekterne har generelt set været godt. De fleste projekter har levet op til miljømålene og påvist, at metoden kan anvendes og fungerer. Alternativerne til de opløsningsmiddelholdige maling er absolut i fremmarch, og både vandbaserede maling, pulvermaling og high solid maling har vundet frem. Det er interessant også at følge projekterne vedrørende tørring, idet disse er vigtige både miljømæssigt, økonomisk og logistisk (gennemstrøms hastighed af produktionen), for at de alternative malingssystemer vil blive benyttet. Specielt pulvermaling og malingstyper med high solid-indhold har vist sig effektive. De vandbaserede systemer har, ifølge demonstrationsprojekterne om mindre forurenende blæserensningsmetoder og vandige malematerialer, også vist deres tekniske formåen. På store stålkonstruktioner har specielt projektet på ABC Coating vist sin styrke, og resultaterne bør kunne overføres til andre virksomheder.

##### *Specielle forhold for små virksomheder*

EU-kommissionen har i forbindelse med EU-direktivet beregnet, at der vil være en nettobesparelse for autolakerere ved at skifte til nye sprøjtepistoler og lakprodukter med lavt indhold af VOC, som er tilgængelige i dag. Dette vil derfor også være muligt at benytte selv for de små lønindustri-lakerere uden nødvendigvis en stor produktionskapacitet. I dag er det stadig de strukturelle forhold med mange små virksomheder, der sætter begrænsninger for løsninger implementering tillige med de meget forskellige emner, der skal håndteres. Når mere sofistikerede løsninger skal sættes i værk, kræver det ofte større produktionskapacitet og mere ensartede produkter, der skal leve op til samme kvalitetskrav.

## 2.5 Driftserfaringer og effekt på arbejdsforhold

### *Vidensopbygning påkrævet*

Et gennemgående træk for de fleste af projekterne har været konsulenternes og virksomhedernes meget forskellige holdning til teknologiændringernes resultater. Dette gælder projekterne på Chemitalic, Indulak, Roskilde Galvanisering, Labofa mv. Ofte mener konsulenterne eller leverandørerne, der har indført systemet, at disse i princippet fungerer, men at der kun mangler enkelte overvågningsinstrumenter og flere mandskabsressourcer, for at processerne kører optimalt. Hver gang de befinder sig på virksomheden, er der ingen problemer. Heroverfor står virksomheds-ejerne, der ikke vil tage risikoen med produktionsstop, fordi overfladebehandlingen ikke fungerer. Noget af forklaringen på denne forskellige opfattelse ligger også i en viden om processerne. De fleste systemer kræver en større teknisk indsigt i at køre processerne optimalt. En viden, der ofte ikke findes på virksomhederne i dag, men skal opbygges. Her ligger der en uddannelsesmæssig opgave. Teknologien i alle projekterne kræver generelt en større omhyggelighed og påpasselighed ud fra det faktum, at projekterne ofte indeholder forskellige teknologier, der skal spille sammen for at køre optimalt.

### *Tilfredshed hos virksomhederne*

Der er dog flere projekter, hvor der absolut har været tilfredshed med resultaterne også fra virksomhedernes side. Det er typisk projekter, hvor der fra starten har været en stor egeninteresse fra virksomhedernes side i at starte projektet, og derfor er de også gået ind i projektet med mange ressourcer og engagement. Dette gælder bl.a. projektet på ABC Coating og ABB Scandia.

### *Løbende modifikation*

Helt typisk blev der foretaget løbende modifikationer i det oprindelige oplæg, når projektideerne skulle tilpasses produktionen. Disse modifikationer omfattede primært små justeringer ud fra et stadig voksende kendskab til implementeringsproblemer. I enkelte tilfælde var der tale om større modifikationer af projektideen. Mange af projekterne er startet som forsøg i laboratorieskala, og senere i pilotprojekter. Erfaringerne viser klart, at opskaleringen fra disse pilotforsøg til reel produktion ofte er meget kritisk, fordi der kommer så mange andre usikkerheder frem som f.eks. forureninger, produktionsvolumen, hastigheder af reaktioner, bundfald mv., således at resultaterne bliver helt forskellige fra dem i pilotforsøgene. Disse problemer var f.eks. udtalt på Hagens Fjedre, Indulak, Roskilde Galvanisering, Labofa og Chemitalic.

### *Arbejdsmiljø*

Forbedret arbejdsmiljø forekommer i de projekter, der konkret har bedre arbejdsmiljø som en del af deres miljømål. Dette gælder projekterne vedrørende substitution af organiske opløsningsmidler herunder trichlor i forbehandlingen, og det gælder endvidere projekter med genvinding af metaller, der samtidig som oftest reducerer medarbejdernes kontakt med chrom og andre tungmetaller i produktionen. Der er ingen tvivl om, at hele branchen har en bevidsthed om disse arbejdsmiljøproblemer, men ofte er holdningen, at disse arbejdsmiljøproblemer er en uundgåelig del af denne produktion, så renere teknologi projekterne har sjældent haft et pres om resultater ud fra arbejdsmiljømæssige forhold.

## 2.6 Projekternes økonomi

### *Rentabilitet*

### *Rolle for myndighederne*

Det er blevet gentaget adskillige gange i svarene: Investeringerne skal kunne tjene sig ind. For implementeringsvirksomheder eller leverandører er dette helt afgørende. Implementeringsvirksomhedernes lydhørhed overfor renere teknologi projekter hænger derfor nøje sammen med rentabiliteten i projekterne. Hvis myndighederne vil have gennemført renere teknologi projekter, er det derfor helt tydeligt, at høje vandafledningsafgifter eller krav om hvilket spildevand, der skal til Kommunekemi kombineret med afgifterne på dette spildevand, forhøjer rentabiliteten af projekterne og dermed hjælper på virksomhedernes motivation til at få dem gennemført. Tilsynskrav til spildevandssammensætning har også haft stor indflydelse på en del af projekternes igangsættelse. Dette sås bl.a. hos Hagens Fjedre og Kolding Hårdchrom.

Det er vigtigt at gøre sig klart, at de fleste virksomheder i branchen er små og derved ikke har mulighed for at tage økonomiske risici, medmindre de absolut bliver presset til det. De økonomiske barrierer for indførelse af renere teknologier hænger derfor nøje sammen med branchens struktur, og det bliver derfor nødvendigt med løsninger, der passer ind i branchestrukturen med de mange små virksomheder, eller også satse på, at strukturen i branchen vil ændre sig pga. kundekrav og/eller tilsynskrav. I denne sammenhæng kan indførelse af miljøstyring hos store virksomheder afføde krav til de mange små virksomheder, der typisk er underleverandører. Det kan få som konsekvens, at de må lukke eller indføre renere teknologi.

### *Risikovillig kapital*

For leverandører betyder det utrolig meget med en risikovillig kapital, hvis der skal satses på nye anlæg eller produkter. Der blev peget på erhvervsfremmestyrelsens gamle låneordning som en mulighed. Satsningen bliver ofte for stor, hvis leverandøren ikke er en større virksomhed. Branchen udmærker sig på mange områder ved flere mindre leverandører af anlæg, der ikke er hovedanlæggene, men er sideanlæg eller ekstra udstyr. Markedet for sådanne anlæg er mere usikkert, og de mindre leverandører, der giver sig i kast med ideerne, har sjældent økonomisk kapacitet til at løbe risikoen. Dette gælder f.eks. EnvoTech i projektet vedrørende adskillelse af olie/vand i affedtningsanlæg. De samme overvejelser angående den risikovillige kapital gælder også for de små konsulentvirksomheder, ofte enkeltmandsvirksomheder, f.eks. Aquasave i projektet om genindvinding af jern og zink fra brugte bejdsebade.

## 2.7 Motivation for at indgå i projektet

### *Krav og afgifter*

Spildevandskrav til tungmetaller og vandafgift har haft betydning for igangsættelsen af mange af projekterne. Jvf. forrige afsnit om økonomi har disse to forhold spillet en afgørende rolle for henholdsvis rentabiliteten eller nødvendigheden af projekterne og dermed for udviklingen af projektideerne. Dette har f.eks. været afgørende for salg og brug af olie/vandadskillelse i forbehandlingsanlæggene, og det har været afgørende for de forskellige løsninger til genindvinding af tungmetaller ved modstrømsskyl, elektrolyse og ionbytning. Her er det værd at lægge mærke til, at det ikke kun gælder motivationen hos produktionsvirksomhederne, men i lige så

høj grad hos maskinleverandører, konsulenter mv., der skal udvikle projektideerne. Affaldsafgifter har haft samme effekt som spildevandsafgifter. For varmforzinkere har en høj affaldsafgift på syre betydet et kraftigt incitament til at overgå til aktiveret bejdse, hvilket giver en væsentlig længere levetid for bejdsebadene, der består af syre. Dette har gjort de danske varmforzinkere til internationale foregangsvirksomheder på miljøområdet.

*Usikkerhed  
om krav*

De interviewede virksomhedsledere er i høj grad usikre på, hvilke krav de lokale miljøtilsyn sætter, og nogle vælger at ville kende disse, inden de foretager nogle ændringer. Enkelte større virksomheder har den holdning, at de hellere selv vil have mulighed for at bestemme udviklingen ved at lave miljøforbedringer, før de bliver mødt med krav fra myndighederne.

*Miljø som  
salgsargument*

Kun enkelte projekter er blevet igangsat ud fra ønsket om en bedre miljøprofil eller på foranledning af kundekrav. I bakspejlet har en del virksomheder fået en reklameeffekt ud af projektet, f.eks. ABC Coating og Louis Poulsen, selvom det ikke er typisk. Der er imidlertid nogle få virksomheder, som har gode miljøforhold som en del af deres image. Dette gælder f.eks. Danfoss, Scandia, og Grundfos.

*Fagligt udbytte*

For mange af rådgiverne er motivationen udover miljø og mersalg af deres ydelse også at vedligeholde deres faglige kvalifikationer. Nyudviklinger er deres basis for på længere sigt at kunne opretholde deres forretning. Næsten alle anfører også, at de har fået et større fagligt udbytte eller større indsigt i produktionsprocesserne ud af projektdeltagelsen, som alene af den grund har været positiv.

## **2.8 Aktører og innovation i branchen**

Hver branche har sin opbygning, og det er vigtigt at få fat i de centrale institutioner både som projektdeltagere og i forbindelse med styregruppesammensætning. Industriel overfladebehandling betraget som én enkelt branche har ingen fælles organisering, men er organiseret i andre, mere specifikke brancheorganisationer. Mange virksomheder er organiseret indenfor metalområdet, jvf. brancheprofilen.

*Mange organisationer*

Galvanisørforeningen tæller kun op mod halvdelen af virksomhederne, mens virksomheder, der udfører organisk overfladebehandling, typisk er organiseret indenfor de brancher, som produktionen knytter sig til, ofte de forskellige brancheforeninger indenfor jern og metal. En stor brancheforening indenfor industriel organisk overfladebehandling er Foreningen af Automobil- og Industrilakerere under DI med ca. 450 virksomheder. Derudover findes der indenfor dette område Industrilakerernes Landsforening under Byggeriets Arbejdsgivere med 25 medlemsvirksomheder, der skønsmæssigt dækker ca. 40% af branchens samlede kapacitet. Foreningen af danske varmforzinkere er en undtagelse med organisering af 17 ud af 20 virksomheder.

Arbejdstagersiden er typisk organiseret i Dansk Metal og SID, men med de meget små virksomheder, som området dækker, er det tvivlsomt, hvor

høj organisationsprocenten er. Samtidig er det en lille del af et stort forbund, der har mange andre interesser at varetage.

Det betyder, at organisationerne ofte ikke har den nødvendige styrke til at være foregangsmænd på området, men kan være med som inspirator og som en vidensressource. Deres styrke overfor de enkelte medlemmer er ikke stor. Eventuelt forholder det sig anderledes med varmforzinkerne, hvor den potentielle styrke organisatorisk er tilstede.

#### *Store virksomheder centrale*

For galvaniseringen er det de store galvaniseringsvirksomheder, der i dag er ledende og viser vejen. Disse virksomheder ansætter i dag kemikere til at kontrollere og udvikle processerne. I disse virksomheder har man kapitalen til at investere i store fuldautomatiske anlæg. Som eksempel herpå kan det nævnes, at Danfoss A/S før i tiden var storforbruger af trichlorethylen til affedtning af metalemner. Virksomheden besluttede sig imidlertid for at skille sig af med trichloren og har således op gennem 80'erne helt skiftet til alkaliske vaskeanlæg.

Den teknologiske udvikling indenfor varmforzinkning ledes også af de førende forzinkere selv. I modsætning til flertallet af galvanovirksomhederne er varmforzinkerne pga. det større investeringsniveau mere rationelt og investeringsvilligt indstillet.

#### *Viden hos leverandører*

Der er andre aktører på banen i innovationen af renere teknologi løsninger indenfor industriel overfladebehandling. For de mindre virksomheder i galvanobranchen er kemikalie- og anlægsleverandørerne den vigtigste kontakt, når det drejer sig om ny viden. Mange af de små løngalvanisører har ikke tilstrækkelig kemisk indsigt til at forstå procesteknologien.

Indenfor branchen af organisk overfladebehandling er langt den største del af viden og know-how placeret hos leverandørerne og især producenter (hvis ikke de er en og samme) af maleprodukter. Det er gennem kontakten til leverandørerne, virksomhederne henter deres indsigt og information. Det er i høj grad også hos producenterne af maleprodukter, at udviklingen af nye materialer sker. Malematerialer er i dag højteknologi og udvikles af producenterne. I denne udviklingsproces er de danske malevareleverandører godt med bl.a. J.C. Hempels Skibsfarvefabrik A/S. Udviklingen og produktionen af maleprodukter er mere eller mindre tæt tilknyttet den tyske kemiske industri. For eksempel bliver størstedelen af de bindemidler, som bruges i danske maleprodukter produceret i Tyskland.

Institut for produktudvikling (IPU) ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU) har stået for en del udviklingsprojekter under handlingsplanerne for renere teknologi. Af andre videnscentre kan nævnes Miljøkemi, Dansk Miljøcenter A/S og Dansk Teknologisk Institut.

#### *Skolerne uden rolle*

Skolerne har slet ikke spillet nogen rolle i udviklingen af renere teknologi projekter i denne branche. De tekniske skoler har ikke været inddraget og har heller ikke selv taget initiativ på området. Et fremtidigt mål var måske en gennemgang af indholdet i de uddannelser, der fører frem til ansættelse i virksomheder med industriel overfladebehandling, se også næste afsnit.

## 2.9 Spredning af information om projekterne

### *Opmærksomhed om projekterne*

For de projekter, hvor det er relevant at tale om spredning af information, er demonstrationer, afholdelse af seminarer og skrivning af artikler det oftest anførte. Galvanobranchen udmærker sig ved, at de fleste har kendskab til de forskellige renere teknologi projekter. Alle er opmærksomme på de nye teknologier, der findes. Dette kan skyldes, at de bliver presset af miljøkrav til at gøre noget ved deres tungmetaludledninger.

### *Usystematisk spredning*

Det er gennemgående for alle de interviewede, at spredningen er vigtig, men alligevel ligner spredningsforløbet for de enkelte projekter meget lidt hinanden ifølge de interviewede i projekterne. Her kunne en mere systematisk spredning via seminarer, branchemøder eller lignende være på sin plads. I forbindelse med tildeling af bevillingen bør det overvejes at tildele spredningsaktiviteter en fast bevilling til f.eks. et præsentationsseminar, som f.eks. Arbejdsmiljøfondet praktiserer. En metode til spredning vil være at få projekterne integreret i undervisningen på de tekniske skoler. I disse sammenhænge vil der være en kontinuerlig spredning til medarbejdere i branchen. Endvidere har Teknisk Skole mulighed for at være et afprøvningssted for nye forsøg, idet skolen har produktionsudstyr stående.

Patenter er en måde at sikre sig rettighederne i forhold til en senere udnyttelse og spredning af projektideer og anlæg. Blandt rådgiverne har ideerne om patent været benyttet i flere tilfælde af IPU og virksomheder, der har sin oprindelse herfra. Mange af de løsninger, der har været fremme, er dog mere anvendt forskning, og derved har de ikke været genstand for patentansøgninger.

### *Informationsmateriale forefindes*

Selvom brancheorienteringerne fra Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen 1993c) og (Miljøstyrelsen 1993d) for både varmforzinkning og galvanoidindustrien ikke specifikt er nævnt af de interviewede, findes der i disse orienteringer et meget struktureret og konkret materiale med mange eksempler på renere teknologi løsninger på danske virksomheder. Materialet har en sådan kvalitet indholdsmæssigt og fremstillingsmæssigt, at det vil være oplagt for de lokale miljøtilsyn samt branchens virksomheder, leverandører og øvrige aktører at bruge dette i det daglige arbejde. Præsentationsseminarer om specifikke emner med udgangspunkt i brancheorienteringerne bør overvejes nøje.

### 3 Spredningsundersøgelsen

#### *Antal virksomheder*

Formålet med spredningsundersøgelsen i området for overfladebehandling er at afdække i hvilket omfang, renere teknologi løsninger har spredt sig i området som helhed. Formålet er specielt at undersøge, hvorvidt Miljøstyrelsens pilotprojekter også er kendt af andre virksomheder i området, og om de eventuelt er taget i anvendelse. Formålet er desuden at analysere hvilke faktorer, der eventuelt kan tænkes at forklare spredning - eller mangel på samme - af renere teknologi. Spredningsundersøgelsens resultater bygger på interview med direktører, maskinchefer el.lign. på 152 virksomheder i området for overfladebehandling. Da en del af disse statistisk set repræsenterer flere virksomheder, jvnf. udvælgelsesproceduren beskrevet nedenfor, er antallet af repræsenterede virksomheder i undersøgelsens resultater 294.

#### 3.1 Udvalgelse af virksomheder

Ingen af de større kommercielle kundekartoteker havde mulighed for at give os oplysninger om virksomheder, der kun har en overfladebehandlingsafdeling til egenproduktion og tilhører en anden branche. Derfor fik vi en aftale med Miljøkemi og DTI, Overfladeteknik om at kunne benytte deres kundekartoteker. Ved kryds af deres lister og Købmandsstandens kundekartotek blev der fundet følgende antal virksomheder indenfor de forskellige områder

- Galvano og anodisering	125
- Varmforzinkning	20
- Fosfatering	22
- Printfremstilling	21
- Organisk overfladebehandling	262
- Almen maskinbearbejdning på kontraktbasis over 9 ansatte, der ikke er indeholdt i de andre kategorier	429

Nogle enkelte virksomheder optræder i flere af de fem førstnævnte kategorier, hvorfor summen af de virksomheder, vi forventede ville have overfladebehandling, er 434. Udover disse blev medtaget de 429 fra almen maskinbearbejdning på kontraktbasis for at se, hvor stor en del af disse, der havde overfladebehandling.

For galvano/anodisering og organisk overflade blev der alfabetisk udvalgt hver tredje virksomhed med under 10 ansatte, hver anden i kategorien 10-49 ansatte og alle virksomheder med over 50 ansatte. For varmforzinkere, printfremstilling og fosfatering blev alle virksomheder udtaget. For virksomheder med almen maskinbearbejdning på kontraktbasis blev hver femte virksomhed med 10-49 ansatte udvalgt, mens alle virksomheder over 50 ansatte blev medtaget. Det gav følgende antal virksomheder:

- Galvano og anodisering	63
- Varmforzinkning	17



- Fosfatering	22
- Printfremstilling	20
- Organisk overfladebehandling	103
- Almen maskinbearbejdning på kontraktbasis over 9 ansatte, der ikke er indeholdt i de andre kategorier	99

### *Telefon-enquete*

Spredningsundersøgelsen blev tilrettelagt som en telefon-enquete. Alle de udvalgte virksomheder blev kontaktet pr. brev og orienteret om undersøgelsen. Derefter blev de telefonisk kontaktet for at aftale tid for et interview med virksomhedens direktør eller maskinchef. Spørgsmålene stillet ved interviewene er gengivet i spørgeskemaet, Bilag 1.

I forbindelse med den første kontakt til virksomhederne, blev virksomhedernes produktionsområder kortlagt. Såfremt virksomhederne ikke havde overfladebehandling, udgik de af undersøgelsen. På denne måde kunne det konstateres, at 100 virksomheder ikke havde overfladebehandling. Endvidere var der 17 virksomheder, der ikke eksisterede længere. Derudover var 1 virksomhed overtaget af en anden virksomhed indenfor branchen. På den måde blev det samlede antal relevante virksomheder i denne undersøgelse 205.

Af dem, der ikke havde overfladebehandling eller havde nedlagt overfladebehandlingsafdelingen, tilhørte 72 virksomheder kategorien med almen maskinbearbejdning på kontraktbasis. Af denne kategori er der altså ca 27%, der har overfladebehandling. Da kategorien ifølge Købmandsstandens kudekartotek indeholder 429 virksomheder, svarer det til ca. 115 virksomheder med overfladebehandling blandt almindelige jern- og metalvirksomheder.

### *Svar fra 74%*

Af de 205 relevante virksomheder var der et bortfald på 53, hvoraf 34 virksomheder ikke ønskede at deltage, 14 virksomheder ikke havde tid til at deltage og endelig 5, hvor det ikke lykkedes at få kontakt. Der er på dette grundlag foretaget 152 interview, hvilket giver en svarprocent på 74%. Når fordelingen af de 152 interviewede virksomheder sammenlignes med fordelingen af hele branchen mht. antal ansatte, postnumre og brancheinddelinger, viser der sig en rimelig overensstemmelse.

### *Vægtede resultater*

De følgende resultater i dette afsnit er beregnet på grundlag af de gennemførte interview. Resultaterne er vægtede efter udtagningsproceduren beskrevet ovenfor, således at nogle interview tæller for 2, 3 eller 5 virksomheder i statistikkerne. Med denne vægtning er det samlede antal repræsenterede virksomheder 294. Alle talværdier i resten af kapitlet, undtagen angivelserne af N, refererer til vægtede opgørelser.

## **3.2 Fordelingen indenfor delbrancher**

I spredningsundersøgelsen er virksomhederne opdelt efter konkrete udførte overfladebehandlingsfunktioner karakteristiske for de tre delbrancher. Af de 294 virksomheder udfører:

- 126 galvaniseringsfunktioner, svarende til 42,9%

- 23 varmforzinkning, svarende til 7,8%
- 173 overfladebehandling, svarende til 58,8%

#### Overlap mellem delbrancher

For at se overlappet mellem delbrancherne, er disse blevet krydstableret mod hinanden. Det gav følgende overlap:

- 8 virksomheder, der både har galvano/anodisering og varmforzinkning.
- 17 virksomheder, der både har galvano/anodisering og organisk overfladebehandling.
- 5 virksomheder, der både har varmforzinkning og organisk overfladebehandling.

2 af disse virksomheder falder indenfor alle tre delbrancher.

#### Antal ansatte

Virksomhedsstørrelse, opgjort ud fra antal ansatte, og virksomhedstype forstået som lønvirksomhed eller virksomhed med overfladebehandling til egenproduktion, vil i stor udstrækning blive benyttet som parametre ved analyse af spredningsundersøgelsens resultater. Opgørelserne over disse er vist nedenfor i tabel 3.1 og 3.2. Som tabel 3.1 viser, er der indenfor galvano/anodisering 50% virksomheder med under 20 ansatte, 25% med mellem 20-100 ansatte, og 25% med over 100 ansatte. Varmforzinkning har en nogenlunde ligelig fordeling mellem kategorierne, mens organisk overfladebehandlere typisk er mindre virksomheder.

**Tabel 3.1**

*Antal ansatte (mål for virksomhedsstørrelse) i virksomhederne. N=152.*

Delbranche:	galvano/ano- disering		varmforzink- ning		organisk over- fladebehandling		i alt	
Antal ansatte:	antal	pct.-del	antal	pct.-del	antal	pct.-del	antal	pct.-del
0-19	63	50%	9	40%	92	53%	158	53,7%
20-99	31	25%	7	30%	67	39%	96	32,7%
100 og flere	32	25%	7	30%	14	8%	40	13,5%
sum	126	100%	23	100%	173	100%	294	100,0%

#### Lønvirksomhed og egenproduktion

Tabel 3.2 viser, at der er en del virksomheder indenfor alle 3 branchekategorier, der både er lønvirksomheder og som har en overfladeafdeling til egenproduktion.

**Tabel 3.2**

*Lønvirksomhed eller virksomhed med en overfladebehandlingsafdeling til egenproduktion i forskellige delbrancher. N=152.*

Delbranche:	galvano/ano- disering		varmforzink- ning		org. overfl. behandling		i alt	
Virks.type:	antal	pct.-del	antal	pct.-del	antal	pct.-del	antal	pct.-del
lønvirksomhed	98	78%	19	83%	128	74%	232	78,9%
egenproduktion	42	33%	13	57%	76	44%	112	38,1%
i alt	126	100%	23	100%	173	100%	294	100,0%

Der blev endvidere spurgt, om virksomheder med organisk overfladebehandling kunne inddele deres produkter efter de kategorier, som Miljøprojekt 162 benytter. Disse kategorier er:

- grovvarer med mindre krav
- grovvarer med større krav
- finere produkter med mindre krav
- finere produkter med større krav
- produkter med varmekfølsomme dele

Desværre har kun 67 ud af 173 organiske overfladebehandlere besvaret spørgsmålet. Besvarelsen fordeler sig nogenlunde ligeligt på de 5 kategorier, dog med en overvægt til overfladebehandling af finere produkter med større krav (48%). Grovvarer med større krav udgør den mindste gruppe: 30% af besvarelsene.

### 3.3 Miljøforhold

Hovedparten af virksomhederne har et beredskab overfor miljøspørgsmål. 224 ud af 294 besvarelser, svarende til 76,2%, har udpeget en medarbejder til at have et særligt ansvar for miljøforhold, og 223 ud af 289, svarende til 77,2% oplyser, at de har en 'miljøpolitik, enten nedskrevet på et papir eller som en tankegang, der styrer virksomhedens beslutninger'. 205 ud af 275, svarende til 74,5% oplyser, at de har en Kapitel 5 godkendelse.

Det positive svar på disse 3 miljøforhold, ændrer sig ikke tydeligt med virksomhedsstørrelsen: Både indenfor små (0-19 ansatte), mellemstore (20-99) og store (100 og flere) virksomheder har 70-80% svaret bekræftende til de 3 miljøforhold. Dog er det op mod 90% af de store virksomheder, der har Kapitel 5 godkendelse og en medarbejder med særligt miljøansvar. Indenfor de 3 delbrancher for galvanopbehandling, varmforzinkning og organisk overfladebehandling er der mindst andel positive besvarelser i organisk overfladebehandling. Tydeligst er det i spørgsmålet, om der er udpeget en medarbejder til at have særligt ansvar for miljø. Her har kun 69,4% svaret positivt indenfor organisk overfladebehandling, mens det er 87% i de to andre brancher.

### 3.4 Kendskab til renere teknologi

#### *Udbredt kendskab*

Det generelle kendskab til renere teknologi er højt. 269 ud af 294 virksomheder kendte til begrebet. Det er imidlertid ikke alle forureningsbegrænsende teknologier, der falder ind under begrebet renere teknologi, som det benyttes i forbindelse med Miljøstyrelsens pilotprojekter. For at undersøge, hvor godt virksomhederne benytter denne betydning af begrebet renere teknologi, blev de bedt om at svare ja eller nej til, hvorvidt 5 eksempler på en miljøteknologi ville falde ind under begrebet.

#### *Indholdet i begrebet renere teknologi*

Virksomhederne blev spurgt, hvorvidt følgende teknologier ville falde ind under begrebet renere teknologi: 'rensning af spildevand', 'recirkulation, så f.eks. kemikalieaffald til Kommunekemi bliver opkoncentreret og

derved mindre', 'vandbesparelser', 'filter i luftudtaget til fjernelse af f.eks. organiske opløsningsmidler og endelig 'formindsket forurening gennem bedre udnyttelse af spild og affaldsprodukter'? 'Rensning af spildevand' og 'filter i luftudtag' repræsenterer traditionelle filter-løsninger udenfor den egentlige produktion, og kaldes derfor ikke en egentlig renere teknologi. De andre eksempler derimod repræsenterer renere teknologier.

**Tabel 3.3**

*Kendskab til begrebet renere teknologi. Procentdelen af positive besvarelser på spørgsmål om hvorvidt forskellige aspekter indeholdes i begrebet. N=142.*

Aspekter:	pct.-del
rensning af spildevand	79,2 %
recirkulation af kemikalieaffald	84,9 %
vandbesparelser	94,0 %
filter i luftudtag	86,1 %
genanvendelse af affaldsprodukter	99,2 %

Det er påfaldende, at alle de positive svarprocenter ligger over 79% uden skellen mellem traditionelle filterløsninger eller egentlige renere teknologier. Kun 10 svarende til 3,7% har besvaret alle 5 spørgsmål korrekt. Det store flertal i området for overfladebehandling skelner altså ikke mellem traditionelle filterløsninger og renere teknologier. Begrebet dækker i de flestes forståelse alle forureningsbegrænsende tiltag.

#### *Kendskab til tilskudsordninger*

Tabel 3.4 viser, at 2/3 af branchen kender til tilskudsordningen om renere teknologi. Dette tyder på et godt informationsarbejde. Af virksomhederne, der kender tilskudsordningen, kender ca. 59% et eller flere af de konkrete projekter, der har fået støtte. Ca. 56% har læst udgivelser om renere teknologi i området for overfladebehandling. Det tyder på, at formidlingen af det meget materiale fra de konkrete projekter er spredt rimeligt godt i brancheområdet.

**Tabel 3.4**

*'Har du kendskab til, at man kan få offentlige tilskud til udvikling af renere teknologi? Har du kendskab til et eller flere af de projekter, der har modtaget støtte fra Miljøstyrelsens tilskudsordning for udvikling af renere teknologi? Har du læst en eller flere af Miljøstyrelsens udgivelser om renere teknologi i området for overfladebehandling? N=150.*

	ja		nej	
	antal	pct.-del	antal	pct.-del
kender tilskudsordning	192	66,0 %	99	34,0 %
heraf, kender projekter	113	59,2 %	78	40,8 %
har læst materiale fra MS	165	56,3 %	128	43,7 %

## Kilder til kendskab til projekter

De 113 virksomheder som kendte til konkrete projekter blev herefter spurgt om kilden til deres viden. Tabel 3.5 viser, hvilke kilder der blev besvaret bekræftende til.

**Tabel 3.5**

*'Hvorfra har du kendskab til renere teknologi projekter i området for overfladebehandling? Jeg vil nu nævne nogle forskellige muligheder, og bede dig svare ja eller nej til om det er gennem dem du har opnået kendskab til renere teknologi projekterne.'* (Antal der svarede bekræftende). N = 64.

Kilde:	antal	pct.-del
maskinleverandøren	30	27 %
farveleverandøren	19	17 %
konsulenter og rådgivere	74	67 %
fagblade	84	76 %
brancheorganisationen	67	61 %
andre virksomheder i branchen	51	46 %
medarbejdere i Miljøstyrelsen	36	33 %
materiale fra Miljøstyrelsen	68	62 %
medarbejdere i kommunen	46	42 %
medarbejdere i amtskommunen	12	11 %
arbejdstilsynet	30	27 %
BST	46	42 %
teknisk Skole	19	17 %
lærestalt/universitet	36	33 %
gennem aviser og dagblade	61	56 %
gennem andre kilder	18	16 %

Det fremgår af tabel 3.5, at der generelt er mange kilder til virksomhedernes kendskab til renere teknologi projekterne. De vigtigste kilder synes at være branche-interne, dvs. organisationerne, fagblade og andre virksomheder i branchen, men også konsulenter og rådgivere er kilde til information. Miljøstyrelsens eget materiale er på grund af den udmærkede spredning også kilde til information. Også aviser og dagblade er en vigtig kilde til information. Betydningen af kontakten til kommunerne og BST spiller en rolle. Det tyder på, at det lokale miljøtilsyn og BST har en vis oplysningsrolle at spille, hvad angår renere teknologi.

## Tilgængelighed af information

Tabel 3.6 fortæller om tilgængeligheden af information. 46,9% af virksomhederne svarede at det var 'nemt' eller 'særlig nemt', at opnå informationer om mulighederne for at anvende renere teknologi, mens 33,7% af virksomhederne fandt det enten 'noget vanskeligt' eller 'meget vanskeligt'. Derimod svarer 19,4% af virksomhederne 'ved ikke'. Det er bemærkelsesværdigt, at selvom så mange kender til renere teknologi projekter, syntes mange, at det er vanskeligt at opnå information. Det kan måske skyldes, at når man kender til projekter, bliver man også interesseret i flere forhold, og der viser sig så problemer med at skaffe fyldestgørende og fortsat information.

**Tabel 3.6**

'Synes du det er 'meget vanskeligt', 'noget vanskeligt', 'nemt' eller 'særdeles nemt' at opnå informationer om mulighederne for at anvende renere teknologi?' N=135.

Information tilgængelighed:	antal	pct.-del
særdeles nemt	15	6,0%
nemt	103	40,9%
noget vanskeligt	54	21,4%
meget vanskeligt	31	12,3%
ved ikke	49	19,4%

For virksomheder under 20 ansatte svarer ca. 22%, 'ved ikke', mens det tilsvarende for virksomheder over 100 ansatte kun er 8%. Samtidig er det tydeligt, at jo større virksomheden er, desto mere er vurderingen, at informationen er let tilgængelig. Det tyder på, at der stadig skal gøres noget specielt for de mange små virksomheder mht. til information.

*Efterspørgsel efter miljøforhold ved produktionsudstyr*

Virksomhederne blev spurgt om de i forbindelse med indkøb af nyt produktionsudstyr indenfor de sidste 3 år har efterspurgt følgende miljøforhold:

**Tabel 3.7**

*Efterspørgsel af renere teknologiforhold i forbindelse med indkøb af nyt produktionsudstyr. N=117.*

Miljøforhold:	Lavere forbrug af vand		Lavere forbrug af el		Substitution af farlige stoffer		Andre forureningsbegrænsende tiltag	
	antal	%-del	antal	%-del	antal	%-del	antal	%-del
Delbrancher:								
galvano	59	26,8%	59	26,9%	71	34,3%	89	41,6%
varmforzinkning	6	2,7%	7	3,2%	9	4,4%	11	5,1%
org. overfl.behand.	21	9,6%	61	27,9%	61	29,%	91	42,5%
total	77	35%	115	52,5%	133	64,3%	174	81,3%

Det ses af tabellen, at 35% har efterspurgt lavere vandforbrug, 53% har efterspurgt lavere elforbrug, og 64% har efterspurgt substitutioner af farlige stoffer. Endelig har 81% efterspurgt andre forureningsbegrænsende foranstaltninger, som kan betyde foranstaltninger på mange nivåer, både renere teknologi tiltag eller mere traditionelle filterløsninger. Der ingen synderlig forskel er i efterspørgslen opdelt efter virksomhedens branchetilhør. For de organiske overfladebehandlere har der dog ikke været nogen stor interesse i at efterspørge nedsat forbrug af vand. Vandforbruget er, jvnf. Afsnit 4.7 og Appendix B, ellers en af miljøbelastninger fra denne delbranche. Hvis virksomhederne opdeles efter lønvirksomheder/egenproducerende virksomheder, giver det ikke nogen markante forskelle.

For virksomheder med over 100 ansatte er der 60%, der efterspørger nedsat vandforbrug, mens det for virksomheder under 100 ansatte kun er 21%. Dvs. en væsentlig forskel. Årsagen kunne være, at det specielt var de store virksomheder, der skal betale særbidrag til vandaflledning. Men

stort set alle overfladebehandlere betaler ikke særbidrag, nemlig 257 ud af 281 besvarelser, og disse virksomheder med særbidrag fordeler sig ligeligt mellem store og små virksomheder, så det er ikke særbidrag, der er skyld i forskellen. For de øvrige efterspurgte miljøforbedringer er der ingen forskel mellem store og små virksomheder.

## Eksterne rådgivere

Tabel 3.8 viser, hvor mange virksomheder, der har anvendt eksterne rådgivere til renere teknologi og andre forhold.

**Tabel 3.8**

*Branche versus anvendelsen af eksterne rådgivere. Virksomheder der ikke anvender rådgivning til renere teknologi, er spurgt om de påtænker at gøre det. N=149.*

Rådgivningstype: Delbrancher:	rådgivning til renere teknologi		rådgivning til andre formål		påtænker rådgivn. til renere teknologi	
	antal	%-del	antal	%-del	antal	%-del
galvano	80	27,7 %	63	22,0 %	9	13 %
varmforzinkning	18	6,2 %	13	4,6 %	0	0 %
org. overfl.behndl.	84	29,1 %	79	27,6 %	13	19 %
total	166	57,4 %	138	48,3 %	21	31 %

Det ses af tabellen, at 166 virksomheder, svarende til 57,4% har anvendt ekstern rådgivning til miljøbegrænsende forhold, hvilket er lidt flere end de, der har efterspurgt rådgivning indenfor andre forhold. Kun knap hver tredje (31%) derudover påtænker at benytte ekstern rådgivning vedrørende miljøforhold. Varmforzinkning skiller sig ud med 18 ud af 23, dvs. 78%, der allerede benytter ekstern rådgivning til miljøforhold.

Der er en markant stigning i brugen af ekstern rådgivning både til miljøforhold eller andet, desto større virksomhederne er. Specielt markant er det desuden ved spørgsmålet om, hvorvidt virksomheden påtænker at benytte ekstern rådgivning. Her er der 60%, der svarer bekræftende blandt virksomheder med over 100 ansatte, mens det for virksomheder med under 100 ansatte er under 30%.

## 3.5 Holdning til miljø

### 8 holdningsspørgsmål

I undersøgelsen blev der indlagt 8 holdningsspørgsmål, der skulle belyse virksomhedsledernes holdninger til miljøhensyn. De blev bedt om at angive, om de var helt enige, overvejende enige, overvejende uenige eller helt uenige i ialt 8 påstande. Spørgsmålene var efter en indledende test formuleret, således at nogle udsagn var positive og andre negative overfor miljøhensyn. Hvis alle spørgsmål havde været udtrykt som positive forventninger til miljøhensyn, kunne det enten lægge et uønsket pres på interviewpersonen om at give besvarelsen en bestemt retning eller udløse en modreaktion. Ved at lade påstandene gå i flere forskellige retninger rent holdningsmæssigt blev det tilstræbt, at undgå en skævhed i forsøget på at måle interviewpersonens holdning.

**Tabel 3.9**

*Holdning til udsagn om miljø. Ud for de enkelte udsagn vises antallet og procentdelen af positive besvarelser. Tallene angivet med fed viser, hvilket svar, der er mest positivt overfor miljøhensyn. N=152.*

Udsagn:	Enighed:	Helt enig	Overvejende enig	Overvejende uenig	Helt uenig	ved ikke
'Miljøhensyn i produktionen er vigtige for markedsføringen og salget af virksomhedens produkter'		<b>126</b>	84	22	62	0
		<b>42,9%</b>	28,6%	7,5%	21,1%	0%
'Ulemperne ved frivillige miljøtiltag opvejes ikke af fordelene'		79	37	51	<b>109</b>	18
		26,9%	12,6%	17,3%	<b>37,1%</b>	6,1%
'Indførelse af nye og ressourcebesparende teknologier er tidskrævende og svækker virksomhedens konkurrenceevne'		89	54	37	<b>112</b>	2
		30,3%	18,4%	12,6%	<b>38,1%</b>	0,7%
'Det er vigtigt for virksomheden at være på forkant med miljøkravene til branchen'		<b>261</b>	17	12	4	0
		<b>88,8%</b>	5,8%	4,1%	1,3%	0%
'Det er nødvendigt at prioritere hensynet til miljøet højere end fortsat økonomisk vækst'		<b>147</b>	74	29	24	7
		<b>52,3%</b>	26,3%	10,3%	8,5%	2,5%
'Skærpelse af miljøkravene må ikke koste arbejdspladser'		133	56	34	<b>56</b>	9
		46,2%	19,4%	11,8%	<b>19,4%</b>	3,1%
'I Danmark bliver miljøhensyn prioriteret højt nok'		188	53	18	<b>27</b>	3
		65,1%	18,3%	6,2%	<b>19,4%</b>	1,0%
'Danmark skal ikke føre en miljøpolitik der lægger sig foran de øvrige 11 EU-lande'		113	39	45	<b>91</b>	1
		39,1%	13,5%	15,6%	<b>31,5%</b>	0,3%

#### *Positiv holdning til miljøhensyn*

Besvarelsen af spørgsmålene tegner et billede af en branche, hvor holdningen til miljøhensyn absolut er positiv, omend der er forskelle i virksomhederne imellem og nuancer i holdningen. 210 virksomheder svarende til 71,4% er helt enige eller overvejende enige i, at miljøhensyn er vigtige for salget og markedsføringen af virksomhedens produkter, mens 84 er overvejende eller helt uenige. 160 virksomheder svarende til 54,4% er helt eller overvejende uenige i, at der er flere ulemper ved frivillige miljøtiltag, end der er fordele. 116 svarende til 39,5 er 'helt enig' eller 'overvejende enig'. 261 virksomheder svarende til 88,8% er helt enige i, at det er en fordel at være på forkant med miljøkravene til branchen. På spørgsmål om nye ressource besparende teknologier er tidskrævende og svækker konkurrenceevnen, svarede godt halvdelen positivt overfor miljøet (149 svarende til 50,7% er 'helt enig' eller 'overvejende enig'). Næsten lige så mange svarede dog 'enig' eller 'overvejende enig' (143 svarende til 48,6%).

Når det gælder afvejningen mellem miljø og økonomisk vækst, er der en markant holdning i branchen til, at miljøet skal prioriteres højere end



fortsat økonomisk vækst. Her er 221 virksomheder svarende til 78,6% helt eller overvejende enig. Når det gælder afvejningen mellem arbejdspladser og miljø, er besvarelsene mest i favør af arbejdspladserne. 133 virksomheder svarende til 46,2% er helt enige i, at miljøkrav ikke må koste arbejdspladser.

Der synes at være en udpræget opfattelse i branchen af, at miljøkravene i Danmark er tilstrækkeligt høje. 188 svarende til 65,1% er helt enige, og 53 svarende til 18,3% er overvejende enige. Kun 27 virksomheder svarende til 9,3% er helt uenige. Når det gælder Danmarks rolle i forhold til de øvrige EU-lande, er branchen delt. 152 virksomheder svarende til 52,6% er helt enige eller overvejende enige i, at Danmark ikke skal gå foran de øvrige EU-lande, mens der ligeledes er 136 virksomheder svarende til 47,1%, der er helt uenige eller overvejende uenige i denne påstand.

### *Holdningsindeks*

For at undersøge, om der er konsekvens i virksomhedernes miljøholdninger, er der udregnet et holdnings-indeks for hver virksomhed. Holdningsindekset placerer virksomhederne på en skala fra 1 til 4. For spørgsmålene der giver udtryk for en positiv miljøholdning (som spørgsmål 1) er der tildelt 4 point for besvarelsen helt enig, 3 for overvejende enig, 2 for overvejende uenig og 1 for helt uenig. Pointtildelingen ved spørgsmålene 2, 3, 6, 7 og 8, der giver udtryk for en negativ holdning til miljøhensyn, er foregået fra den modsatte ende af skalaen. Virksomheder der scorer højt på indekset kan således siges generelt at være positive overfor miljøhensyn, mens virksomheder, der scorer lavt, må siges at være relativt negative. Tabel 3.10 viser fordelingen af virksomheder på indekset for holdning til miljøhensyn.

**Tabel 3.10**

*Indeks for holdning til miljøhensyn. N=152.*

Indeks:	antal	pct.-del
1.0-1.5	1	0,3%
1.6-2.0	40	13,6%
2.1-2.5	79	26,9%
2.6-3.0	102	34,7%
3.1-3.5	63	21,4%
3.6-4.0	9	3,1%

Det ses, at størstedelen af virksomhederne, ialt 244 svarende til 83,0%, placerer sig med en score mellem 2.1 op til 3.5. Der er en klar overvægt til den positive side: 174 virksomheder svarende til 59,2%, placerer sig med en positiv miljøholdning, dvs. index over 2,5. Alligevel må man være forsigtig med at drage alt for vidtgående konklusioner om, hvor miljøpositiv området for overfladebehandling er. Nogle af udsagnene er temmelig generelle og fremsættes ofte i den offentlige debat, hvorfor det kan ligge nært at give tilslutning dertil. Omvendt var de fleste af spørgsmålene negativt ladede overfor miljøet, og det forhold at mange virksomheder alligevel fastholder den positive holdning til miljøbeskyttelsen tyder på, at holdningen er ret velforankret.

### 3.6 Interesse for og erfaringer med renere teknologi

*Initiativ i virksomhederne*

Generelt er der interesse for at udvikle renere teknologi i området for overfladebehandling, også uden støtte fra Miljøstyrelsen. 70%, svarende til 205 ud af 293 virksomheder angiver, at virksomheden på eget initiativ har gennemført forsøg med eller udvikling af renere teknologi.

*Faktorer bag renere teknologi anvendelse*

I tabel 3.11 er der listet nogle faktorer, der bl.a. kan være årsagen til indførelse af renere teknologi.

**Tabel 3.11**

*Årsag til anvendelse af renere teknologi. N=129.*

Årsag:	antal	pct.-del
vandmiljøplanen	109	47,0%
krav om miljøgodkendelse	182	78,4%
påbud fra miljømyndighederne (inkl. Arb.stilsyn)	126	54,3%
stigende gebyrer for afledning af spildevand	121	52,2%
tilskud under støtteordningerne for renere tekn.	47	20,3%
investeringen kan betale sig	168	72,4%
ønske fra miljøgrupper	48	20,7%
ønske fra medarbejderne	122	52,6%
ønske fra aftagere/kunder	56	24,1%
ønske om at styrke virksomhedens miljøprofil	195	84,1%
ønske om at være på forkant med miljøkravene	214	92,2%

I alt 274 ud af 288 virksomheder svarende til 95% har taget eller påtænker at tage renere teknologi i anvendelse. To af de væsentligste årsager, der nævnes af > 80% af de virksomhederne, der har besvaret spørgsmålet, er ønsket om at styrke virksomhedens miljøprofil og være på forkant med miljøkravene. Dette passer godt sammen med et positivt miljøindeks for branchen.

På den anden side gælder for ca. 82% af virksomhederne, at disse renere teknologi tiltag er sket som følge af krav om miljøgodkendelse eller påbud fra myndigheder. Krydstabuleret med de virksomheder, der bl.a. nævner ønsket om styrket miljøprofil og at være på forkant med miljøet viser, at 177 ud af 232 dvs. 76,3%, har svaret ja til begge dele.

Gebyrer for spildevand har været en medvirkende årsag til at indføre renere teknologi for 52,2% af virksomhederne. Krydstabuleret med de virksomheder, der bl.a. nævner ønsket om styrket miljøprofil og at være på forkant med miljøet viser, at 117 ud af 232 dvs. 50,4%, har svaret ja til begge dele, altså markant lavere end for de virksomheder, der har fået krav eller påbud.

Det er også bemærkelsesværdigt, at ca. 53% af virksomhederne angiver, at ønsket fra medarbejderne har været blandt årsagerne til indførelse af renere teknologi. Dette er mest udbredt i de store virksomheder med over 100 ansatte (se tabel 3.12). Her angives ønske fra medarbejdere som årsag i 64% af tilfældene, mens det for de mindre virksomheder angives i ca. 50% af tilfældene. Opdelt på de 3 delbrancher er ønsket fra med-

arbejderne hyppigere en af årsagerne hos virksomheder med organisk overfladebehandling (60%) end hos galvano (46%), hvor årsagen igen nævnes hyppigere end hos varmforzinkere (41%).

Tabel 3.12 viser, at der ud over den nævnte forskel indenfor 'ønske fra medarbejderne' kun er små forskelle mellem de små, mellemstore og store virksomheder, hvad angår årsager blandt flere til indførelse af renere teknologi. Der er dog færre af de små virksomheder, der angiver påbud eller krav som årsag.

**Tabel 3.12**

*Årsager blandt flere til indførelse af renere teknologi versus virksomhedsstørrelse. Der angives antallet af positive besvarelser og hertil svarende procentdel. N=129.*

Årsag:	Antal ansatte:	0-19	20-99	> 100	total
påbud eller krav i forbindelse med miljøgodkendelse		89 76,1%	66 86,8%	35 89,7%	190 81,9%
styrke virksomhedens miljøprofil og være på forkant af miljøkravene		111 94,9%	71 93,4%	36 92,3%	218 94,0%
'kan betale sig'		81 69,2%	57 75,0%	30 76,9%	168 72,4%
ønske fra medarbejderne		57 48,7%	40 52,6%	25 64,1%	122 52,6%

**Tabel 3.13**

*'Vil du generelt karakterisere driftserfaringerne som meget gode, gode, dårlige, eller meget dårlige?' N=131.*

Erfaringer:	antal	pct.-del
meget gode	78	32,5%
gode	141	58,8%
dårlige	2	0,8%
meget dårlige	2	0,8%
ved ikke	17	7,1%

#### Positive driftserfaringer

Tabel 3.13 viser drifterfaringerne med renere teknologi. Når det gælder implementeringen af renere teknologi, er denne forløbet absolut positivt. Kun 4 virksomheder angiver at have gjort dårlige erfaringer, mens 91,3% har gjort gode eller meget gode erfaringer.

For at analysere dette lidt nærmere er de virksomheder med gode eller meget gode erfaringer ved indførelse af renere teknologi krydset med de virksomheder, der bl.a. nævner påbud eller myndighedskrav i forbindelse med miljøgodkendelse som årsag til indførelsen. Her svarer 172 ud af 226 virksomheder ja til begge dele, svarende til 76,1%. Dette tyder på, at

langt hovedparten af de virksomheder, der også i første omgang er blevet presset af forskellige årsager til at indføre renere teknologiløsninger, også har gode erfaringer med at have gjort det. Det må være en vigtig konklusion i det videre arbejde med renere teknologi.

#### *Renere teknologi økonomisk fordelagtigt*

Til en forstærkning af de positive erfaringer for de virksomheder, der går igang med renere teknologi, kan tilføjes, at flere virksomheder i forbindelse med interviewene gav udtryk for, at der var endog særdeles store besparelser at hente på at anvende renere teknologi, og at indførelsen ofte var økonomisk fordelagtig. Som det ses af tabel 3.11 og 3.12 angiver 72,4% af virksomhederne at en årsag til indførelsen af renere teknologi er at investeringen kan betale sig.

#### *Miljøeffekt opnået*

Ligesom erfaringerne med renere teknologi løsninger er meget positive, er også vurderingen af miljøeffekterne meget positive. Tabel 3.14 viser, at 46% svarer, at miljøeffekterne er opnået fuldt ud, mens 44% svarer, at de tilsigtede miljøeffekter kun delvist er opnået. Det sidste tyder på, at der ved igangsættelsen af projekterne ofte sker en overvurdering af de mulige miljømæssige resultater.

**Tabel 3.14**

*'Er den tilsigtede miljøeffekt opnået?'* N=128.

Tilsigtet miljøeffekt opnået:	antal	pct.-del
fuldt ud	108	45,6 %
delvis	103	43,5 %
i ringe grad	10	4,2 %
slet ikke	2	0,8 %
ved ikke	14	5,9 %

Da mange af virksomhederne arbejder med en usikker definition af begrebet renere teknologi, må der tages forbehold for, at andre miljøteknologier kan indgå i disse vurderinger.

### **3.7 Spredning af konkrete typer renere teknologi**

For at analysere spredningen af renere teknologi i området for overfladebehandling nærmere er der set på spredningen af konkrete teknologiændringer, der relaterer sig til de støttede pilotprojekter. Spørgsmål om disse teknologiændringer er ikke blevet stillet til alle virksomheder, men kun til dem, der tilhører den delbranche, hvor teknologiændringen er relevant.

#### *Samlet opgørelse*

Det er blevet opgjort i hvor høj grad de renere teknologier betragtet samlet er udbredt. Princippet for opgørelsen er at medtage alle de virksomheder, der oplyser at have implementeret mindst én af de udviklede renere teknologier, med det væsentlige forbehold, at der er sket en bortselektering af de mest simple renere teknologier, der nærmest har karakter af 'god husholdning'. Baggrunden for denne bortselektering er, at omkostningerne ved at anvende disse metoder er meget begrænsede, og at det ikke giver mening at sammenligne dem med virksomheder, der har

foretaget større produktionsmæssige ændringer eller materialesubstitutioner.

#### *De udvalgte renere teknologier*

De renere teknologier, der er medtaget i denne opgørelse, er således: For delbranchen galvano/anodisering: Ionbytning, modstrømskyl, metalgenvinding og ultrafiltrering. For delbranchen varmforzinkning: Regenerering af flusbade og ultrafiltrering. For delbranchen organisk overfladebehandling: Maling uden organiske opløsningsmidler og elektroforese/electrodypning.

#### *¾ af virksomhederne anvender en renere teknologi*

Den foretagne opgørelse, der derfor er relativ konservativ, viser at 223 ud af 294 virksomheder, altså 75,9% benytter en eller flere af de udvalgte renere teknologier. De tilsvarende tal for de tre delbrancher er:

- 107 ud af 126, dvs. 85% for galvano/anodisering
- 12 ud af 23, dvs. 52% for varmforzinkning
- 112 ud af 173, dvs. 65% for organisk overfladebehandling

Opgørelserne over delbrancherne viser, at virksomheder, der tilhører mere end én delbranche (altså f.eks. udfører både varmforzinknings- og galvaniseringsfunktioner) ofte kun anvender renere teknologi hørende til én af delbrancherne.

### **3.7.1 Galvano**

Tabel 3.15 viser tallene for kendskabet og anvendelse af de enkelte renere teknologier indenfor galvanobranchen. Virksomheder, der kender til den enkelte renere teknologi, er blevet spurgt om de anvender den eller påtænker at anvende den. Virksomheder, der anvender teknikken er herefter blevet spurgt, om der er problemer i forbindelse med anvendelsen.

#### *Ionbytning*

Stort set alle i galvanobranchen kender til ionbytning ved skyllevandsgenbrug. I denne undersøgelse svarer 59,5% ja til at benytte teknologien, mens 10,3% påtænker at benytte den. Blandt de virksomheder, der kender teknologien, men ikke benytter den, er der nogle, der begrundet det med økonomi, mens andre begrundet det med manglende behov. Det forhold, at næsten alle kender til teknologien, men kun 59,5% benytter den, kan ikke ud fra tallene begrundes med, at der er problemer ved anvendelsen: Hertil svarer nemlig kun 11% ja. Problemerne for dem, der har installeret ionbytning til skyllevandsgenbrug, vurderes derfor at være små.

#### *Modstrømskylning*

Modstrømskylning ved procesbadene er kendt som princip, og teknologien anvendes af næsten 70% af virksomhederne. Blandt de virksomheder, der benytter modstrømskylning, mener kun 11%, at der er problemer med anvendelsen.

#### *Genvinding af metaller*

De fleste virksomheder har kendskab til genvinding af metaller ved elektrolyse og elektrodialyse. 58,7% af galvanovirksomhederne svarer, at de kender teknologien, men ikke vil benytte den. Ca. halvdelen nævner økonomi som begrundelse, den anden halvdel manglende behov og teknologiske problemer. Blandt de virksomheder, der benytter teknologien

med genvinding af metaller ved elektrolyse og elektrodialyse, mener knap 25%, at der er problemer med anvendelsen.

**Tabel 3.15**

*Kendskab til og brugen af de enkelte renere teknologier indenfor galvanovirksomheder. N=77.*

Teknologi: Kendskab:	ionbytning		modstrømsskyl		metalgenvinding	
	antal	pct.-del	antal	pct.-del	antal	pct.-del
nej	9	7,1 %	23	18,3 %	19	15,1 %
ja, bruger ej	29	23,0 %	9	7,1 %	74	58,7 %
ja, bruger	75	59,5 %	88	69,8 %	17	13,5 %
ja, påtænker brug	13	10,3 %	6	4,8 %	16	12,7 %
total	126	100,0 %	126	100,0 %	126	100,0 %

Teknologi: Kendskab:	miljøvenl. badkemi		omvendt osmose		ultrafiltrering	
	antal	pct.-del	antal	pct.-del	antal	pct.del
nej	52	42,6 %	27	22,0 %	38	32,8 %
ja, bruger ej	14	11,5 %	62	50,4 %	56	48,3 %
ja, bruger	55	45,1 %	17	13,8 %	11	9,5 %
ja, påtænker brug	1	0,8 %	17	13,8 %	11	9,5 %
total	122	100,0 %	123	100,0 %	116	100,0 %

#### *Miljøvenlige kemikalier til badvedligeholdelse*

Miljøvenlig badkemi dækker over mange forskellige miljøvenlige kemikalier, der kan benyttes til vedligeholdelse af procesbade. Tabellen afslører, at over en trediedel af galvanovirksomhederne ikke kender til miljøvenlige kemikalier til vedligeholdelse af procesbadene, men hvis de kender til disse teknologier, så bliver de også benyttet. Kun 11,5% kender den, men vil ikke benytte den. Blandt de virksomheder, der benytter miljøvenlige kemikalier til vedligeholdelse af procesbade, mener ca. 30%, at der er problemer med anvendelsen.

#### *Omvendt osmose*

Ca. 22% af galvanovirksomhederne kender ikke til omvendt osmose til afsaltning af vandværkssvand, og hvis de kender til teknologien, så vælger mere end 60% ikke at benytte den. Halvdelen af alle galvanovirksomhederne kender den, men vil ikke benytte den. Begrundelsen er hos en trediedel, at der istedet anvendes ionbytning, en anden trediedel nævner økonomi, mens den sidste trediedel nævner manglende behov. Der er ingen af de virksomheder, der benytter omvendt osmose til afsaltning af vandværkssvand, der synes, der er problemer med teknologien.

#### *Ultrafiltrering*

En tredjedel af galvanovirksomhederne kender ikke til ultrafiltrering til affedtningsbade. Endvidere er det knap halvdelen, der kender teknologien, men ikke vil benytte den. 3 ud af 11 virksomheder, der benytter ultrafiltrering, mener, at der er problemer med anvendelsen.

Hele branchen  
udspurgt

### 3.7.2 Varmforzinkning

For varmforzinkere er alle virksomheder blevet spurgt, så det skulle give et fyldestgørende billede af delbranchen. Det fremgår af tabel 3.16, der viser resultaterne for de enkelte renere teknologier inden for varmforzinkning, at 30-40% benytter regenerering af flusbade og biologisk affedtning. Kun ganske få benytter ultrafiltrering til affedtningsbade. (Når der anvendes biologisk affedtning, er der ikke behov for ultrafiltrering, men betragtes det om virksomhederne benytter eller påtænker at benytte en af disse to renere teknologier, er det stadig kun 39% der er tale om.

**Tabel 3.16**

*Kendskab til og brugen af de enkelte renere teknologier indenfor varmforzinkningsvirksomheder. N=18.*

Teknologi:	regener. af flusbade		ultrafiltrering		biologisk affedtning	
	antal	pct.-del	antal	pct.-del	antal	pct.-del
Kendskab:						
nej	6	26 %	11	48 %	7	30 %
ja, bruger ej	4	17 %	7	30 %	7	30 %
ja, bruger	9	39 %	3	13 %	7	30 %
ja, påtænker brug	4	17 %	2	9 %	2	9 %
total	23	100,0 %	23	100,0 %	23	100,0 %

Ingen af de virksomheder, der benytter regenerering af flusbade eller ultrafiltrering til affedtningsbade har problemer med teknologien. Kun 2 ud af 7 har problemer med den biologiske affedtning. Endvidere er der på nuværende tidspunkt kun 1 virksomhed, der benytter aktiveret bejdse (Dahl, Flemming, 1994;A). Dette er en væsentlig renere teknologi indenfor varmforzinkning, men der ikke er spurgt om dette i spredningsundersøgelsen.

### 3.7.3 Organisk overfladebehandling

Det fremgår af tabel 3.17, at blandt de 6 forskellige renere teknologier, der er spurgt om, er der kun to, der benyttes i større udstrækning i branchen. Det drejer sig om brugen af malinger med lavt indhold af organiske opløsningsmidler (bl.a. vandige og pulvermalinger), hvor 67,5% benytter teknologien, mens 19,3% kender den, men ikke benytter den. Endvidere drejer det sig om brugen af elektrostatisk sprøjtning, hvor 54,4% benytter teknologien, mens 34,4% kender den, men ikke benytter den. For de vandige malinger og pulvermalingerne er der hele 46% af de virksomheder, der benytter den, der synes, at der er problemer med anvendelsen, mens det tilsvarende tal for elektrostatisk sprøjtning kun er 12%.

De andre teknologier, der er spurgt om, benyttes hver især af mindre end 20% af virksomhederne. For elektroforese/elektrodypning er tallet kun 1,2%. For modstrømskylning er der hele 75,5%, der ikke har kendskab til teknologien, mens det for de tre andre teknologier er 46-48%, der er uvidende om teknologierne. For modstrømskylning er der kun ca. 7%, der har kendskab til teknologien, men som ikke benytter den, mens det

Elektrostatisk sprøjtning  
og miljøvenlige  
malinger udbredt

for de andre tre teknologier er mellem 25-50%. Det skal dog her bemærkes, at virksomheder, der arbejder med korrosionsbeskyttelse af store stålkonstruktioner, benytter sandblæsning som forbehandling og derved ikke har behov for modstrømsskylning, olieudskilning og kemisk forbehandling.

**Tabel 3.17**

*Kendskab til og brugen af de enkelte renere teknologier indenfor virksomheder med organisk overfladebehandling. N=76.*

Teknologi:	modstrømsskylning		olieudskilning ved ultrafiltrering		maling uden org. opl.mdl.	
	antal	pct.-del	antal	pct.-del	antal	pct.-del
Kendskab:						
nej	123	75,5%	78	47,6%	10	6,0%
ja, bruger ej	12	7,4%	44	26,8%	32	19,3%
ja, bruger	24	14,7%	31	18,9%	112	67,5%
ja, påtænker brug	4	2,5%	11	6,7%	12	4,1%
total	163	100,0%	164	100,0%	166	100,0%

Teknologi:	elektroforese og elektrodypning		elektrostatisk sprøjtning		automatisk emneaflysning	
	antal	pct.-del	antal	pct.-del	antal	pct.del
Kendskab:						
nej	76	46,4%	4	2,5%	77	47,5%
ja, bruger ej	81	49,7%	56	34,4%	63	38,9%
ja, bruger	2	1,2%	92	56,4%	14	8,6%
ja, påtænker brug	4	2,5%	11	6,7%	8	4,9%
total	163	100,0%	163	100,0%	162	100,0%

Det samme ræsonnement skal benyttes for elektrodypning, som kun kun benyttes med fornuft for bestemte emner ved industriel overfladebehandling i værksted. Blandt de ca. 12 kommentarer til hver af teknologierne, om hvorfor de ikke benyttes, er det typisk manglende behov. For alle 4 teknologier er der blandt de virksomheder, der benytter teknologierne få eller ingen problemer med anvendelsen.

### 3.7.4 Miljøstyring og -ledelse samt livscyklusanalyse

Alle virksomheder blev spurgt om deres kendskab til og brug af nye værktøjer i miljøarbejdet på virksomhederne. Af tabel 3.18 fremgår det, at over halvdelen af virksomhederne ikke har kendskab til miljøstyring og -ledelse, mens ca. en fjerdedel benytter dette værktøj. Miljøstyring og -ledelse kan dog benyttes på mange forskellige niveauer, så resultatet skal vurderes meget forsigtigt.

*Miljøstyring  
og -ledelse*

*Livscyklusanalyse*

Af tabellen fremgår det, at 61,6% af virksomhederne har kendskab til livscyklusanalyse, og 21,4% benytter dette værktøj. Som for miljøstyring



og -ledelse er der mange niveauer for benyttelse af livscyklusanalyser, så dette resultat må vurderes meget forsigtigt. Anvendelsesprocenten på 21,4% er umiddelbart et overraskende højt tal.

**Tabel 3.18**

*Kendskab til og brugen af miljøstyring og -ledelse og livscyklusanalyser indenfor varmforzinkningsvirksomheder. N=152.*

Værktøj: Kendskab:	miljøstyring og -ledelse		livscyklusanalyse	
	antal	pct.-del	antal	pct.-del
nej	153	52,4%	113	38,4%
ja, bruger ej	32	11,0%	99	33,7%
ja, bruger	77	26,4%	63	21,4%
ja, påtænker brug	30	10,3%	19	6,5%
total	292	100,0%	294	100,0%

### 3.8 Spredningens sammenhæng med virksomhedskarakteristika

Sammenhængen mellem spredningen af de renere teknologier nævnt i de forrige afsnit og forskellige karakteristika ved virksomhederne, såsom virksomhedsstørrelse og -type, den interviewede leders miljøholdning og uddannelse, vil blive beskrevet i dette afsnit. Dette vil først og fremmest blive gjort ved at sammenholde de forskellige virksomhedskarakteristika med tal for anvendelse af en eller flere af de udvalgte renere teknologier nævnt i begyndelsen af afsnit 3.7. Da kun knap 25% af virksomhederne ikke anvender en af de udvalgte renere teknologier, vil fortolkningerne mest være formuleret som det karakteristiske ved virksomheder, der *ikke* anvender renere teknologi.

Overfladebehandlingsområdet betragtes samlet og på delbrancheniveau. Ud over de samlede opgørelser, der hele tiden henviser til de udvalgte renere teknologier, er de enkelte teknologier blevet betragtet enkeltvis. Miljøstyring og -ledelse og livscyklusvurderinger, der ikke er medtaget i summeringerne over renere teknologier, bliver også betragtet særskilt.

#### *Virksomhedsstørrelse*

I tabel 3.19 er sammenhængen mellem anvendelse af de renere teknologier og virksomhedsstørrelse vist. Dette er dels opgjort samlet for overfladebehandling overfor den samlede mængde udvalgte renere teknologier og indenfor de enkelte delbrancher overfor disse delbranchers renere teknologier. Det er først og fremmest blandt de mindste virksomheder, der er nogle der ikke anvender mindst én af de renere teknologier. Renere teknologi anvendes her af 112 ud af 158 virksomheder. 25 af de 71 virksomheder, der ikke anvender en renere teknologi, har 20 eller flere ansatte; heraf har kun 4 mere end 100 ansatte.

**Tabel 3.19**

Anvendelse af konkret renere teknologi indenfor virksomhedsstørrelsekategorier; betragtet i delbrancher og samlet. Procentangivelserne i de enkelte rubrikker udtrykker andel af antal-angivelserne i de tilsvarende rubrikker i tabel 3.1. N=152.

Virks.-str.: Delbranche:	galvano	varmforzinkning	organisk overfladebehandling	samlet
0-19 ansatte	87%	33%	59%	71%
20-99 ansatte	77%	86%	73%	78%
100 og flere ansatte	88%	43%	64%	90%

### Størrelse versus de enkelte teknologier

Der er for virksomhedsstørrelsen endvidere udført krydstabuleringer med spredningen af hvert enkelt af de renere teknologier. Indenfor galvano/anodisering er der en tydelig sammenhæng mellem virksomhedsstørrelse og udbredelse af omvendt osmose til afsaltning af vandværkssvand, idet det først og fremmest er de største virksomheder, der anvender den. Teknologien bruges af 38% af virksomheder med over 100 ansatte (af 59% med over 250 ansatte), mens teknologien for virksomheder under 100 ansatte kun bruges af 5%. For de andre teknologier spiller virksomhedsstørrelsen ingen tydelig rolle.

Indenfor varmforzinkning spiller virksomhedsstørrelsen ifølge undersøgelsen kun en rolle indenfor biologisk affedtning. 60% af virksomhederne med over 100 ansatte benytter denne teknologi, mens det er 20% for virksomheder med mindre end 100 ansatte. På grund af det lille antal virksomheder, er det for usikkert at drage nogen konklusioner.

For de organiske overfladebehandlere er modstrømskylning og olieudskillelse teknologier, der næsten kun benyttes af virksomheder med over 20 ansatte. Elektronisk sprøjtning bruges også mest i de store virksomheder, men her er forskellen ikke nær så klar. Ca. 40% af virksomheder med færre end 20 ansatte benytter elektrostatisk sprøjtning. For virksomheder med over 20 ansatte er tallet ca. 75%.

For branchen som helhed gælder det, at miljøstyring og -ledelse samt livscyklusanalyser procentvis bruges mest blandt de store virksomheder. Tendensen er tydeligst ved livscyklusvurdering, hvor 12% af virksomhederne med under 20 ansatte, 30% af virksomhederne med 20-100 ansatte og 38% af virksomhederne med over 100 ansatte benytter værktøjet.

### Virksomhedstype

For virksomhedstypen (lønvirksomhed eller virksomhed med overfladeafdeling til egenproduktion) er der ligeledes udført krydstabuleringer med hvert enkelt af de konkrete renere teknologier, foruden summationen af teknologierne samlet. Det gælder for dem alle sammen på nær omvendt osmose, at der ingen forskel er mellem lønvirksomheder og virksomheder med galvanoafdeling til egenproduktion i den procentvise fordeling af virksomheder, der benytter teknologien. Omvendt osmose bliver i galvano-delbranchen anvendt af 26% af virksomheder med egenproduktion, men kun af 7% af lønvirksomhederne.

**Tabel 3.20**

Anvendelse af konkret renere teknologi indenfor virksomhedstype. Betragtet i delbrancher og samlet. Procentangivelserne i de enkelte rubrikker udtrykker andel af antal-angivelserne i de tilsvarende rubrikker i tabel 3.2. N=152.

Delbranche: Virk.type:	galvano	varmforzinkning	organisk overfladebehandling	samlet
lønvirksomhed	88%	58%	71%	79%
egenproduktion	76%	62%	53%	67%

Som det ses af tabel 3.20 er det mest blandt virksomheder med egenproduktion, der ikke anvendes renere teknologi. Her anvender 33% ikke en renere teknologi, mens det for lønvirksomheder er ca. 21%. I delbrancherne galvano og organisk overfladebehandling er tendensen den samme, mens der for varmforzinkning kun er en lille forskel mellem de to virksomhedstyper. Forskellene mellem virksomhedstyperne i sammenhæng med anvendelse af miljøstyring og -ledelse og livscyklusanalyser er også små.

### Holdningsindex

Tabel 3.21 viser, at der ikke er nogen klar sammenhæng mellem holdningsindexet og miljøforhold. Med den usikkerhed, der er på tallene specielt i ydergrupperne af holdningsindekset, skal resultatet tages med varsomhed. Tallene for miljøstyring og -ledelse og livscyklusanalyser viser heller ingen sammenhæng mellem anvendelse og miljøholdning.

**Tabel 3.21**

Anvendelse af konkret renere teknologi ved forskelligt holdningsindex. Betragtet i delbrancher og samlet. Procentangivelserne i de enkelte rubrikker i kolonnen 'samlet' udtrykker andel af antal-angivelserne i de tilsvarende rubrikker i tabel 3.10. N=152.

Delbranche: Holdningsindex:	galvano	varmforzinkning	organisk overfladebehandling	samlet
1,0-1,5	0%	-	-	0%
1,5-2,0	81%	100%	53%	80%
2,0-2,5	72%	22%	63%	68%
2,5-3,0	97%	63%	70%	78%
3,0-3,5	86%	80%	61%	76%
3,5-4,0	100%	-	100%	100%

### Uddannelse hos den interviewede leder

Tabel 3.22 viser, at de virksomheder, der i denne forbindelse ledes af personer med folkeskolen som uddannelsesmæssig baggrund, i mindre grad anvender de konkrete teknologier end de øvrige. Anvendelsesgraden er størst for ledere med baggrund i en teknisk uddannelse. Dog er det forskellige uddannelsesmæssige baggrunde, der indenfor delbrancherne hænger sammen med størst grad af anvendelse. Bemærkelsesværdigt er det således indenfor galvanisering/anodisering, at 93% (13 ud af 14) i kategorien folkeskole anvender renere teknologi. (De 0% ud for varmforzinkning og folkeskole er fremkommet på baggrund af kun én virksomhed og tillægges derfor ikke den store betydning).

**Tabel 3.22**

*Anvendelse af konkret renere teknologi indenfor kategorierne af uddannelsesmæssig baggrund hos den interviewede leder. Betragtet i delbrancher og samlet. N=152.*

Delbranche: Uddannelse:	galvano	varmfor- zinkning	organisk over- fladebehandling	Samlet pct.-del	ud af
folkeskole	93 %	0 %	56 %	65 %	49
teknisk udd.	81 %	50 %	75 %	82 %	148
videregående udd.	89 %	63 %	54 %	73 %	93

Forskellen mellem de forskellige uddannelsesmæssige baggrunde er tydelig for miljøstyring og -ledelse og livscyklusvurdering. For disse to er graden af anvendelse henholdsvis 10% og 4% for uddannelsesmæssig baggrund i folkeskolen. De tilsvarende tal for teknisk uddannelse er 26,7% og 23,0%, og for videregående uddannelse er de 36% og 27%.

Konklusionen på dette afsnits opgørelser for overfladebehandlingsområdet som helhed over sammenhænge mellem spredningen af de konkrete renere teknologier og forskellige virksomhedskarakteristika er først og fremmest, at det er de små virksomheder, der oftest ikke anvender en af de konkrete renere teknologier. Så godt som alle store virksomheder anvender en renere teknologi. Miljøstyring og -ledelse og livscyklusvurderinger anvendes også mest af de mellemstore og store virksomheder; procentandelen for anvendelse hos de små virksomheder er i størrelsesordenen 2-3 gange mindre end hos de mellemstore og store. For disse to redskaber er der desuden en tydelig sammenhæng med den uddannelsesmæssige baggrund, idet der er få anvendelser i tilfælde af baggrund i folkeskolen.

For de forskellige renere teknologier er sammenhængen mellem andre karakteristika end virksomhedsstørrelsen ikke tydelig. Ligesom det er tilfældet for størrelsen kan opgørelserne for de enkelte delbrancher være modsatte af følgende tendenser for overfladebehandling betragtet samlet: større andel af lønvirksomhederne end af egenproduktionsvirksomhederne anvender en renere teknologi, mens en uddannelsesmæssig baggrund fra teknisk skole hænger sammen med større grad af anvendelse, end en baggrund i folkeskole eller videregående uddannelse. En sammenhæng med holdning til miljø kan ikke ses ud fra spredningsundersøgelsen materiale.

### 3.9 Fremtiden i området for overfladebehandling

#### *Substitution af stål med andre materialer*

Virksomhederne blev ved telefoninterviewet spurgt om deres vurdering af nogle centrale udsagn om områdets fremtid. Virksomhederne blev spurgt om deres holdning til substitution af stål med andre materialer. Tabel 3.23 viser fordelingen af svarene.

#### *Plast og aluminium substituerer stål*

Det er tydeligt, at materialerne plast og aluminium er materialer, som de fleste virksomheder mener vil vinde stærkt frem om 5 år. Ca. 50% svarer bekræftende til disse. Disse to materialer har også ifølge brancheprofilen allerede substitueret stål i mange produkter. Et forsigtigt skøn siger, at 40% af industriens materialer (bortset fra basale byggematerialer) består

af plast i dag, og endvidere har aluminium beslaglagt en del af det nuværende marked for stål, bl.a. indenfor transportsektoren.

**Tabel 3.23**

*Materialerne, aluminium, magnesium, plastic og teknisk keramik vil pga. håndterbarhed, egenskaber og vægt ofte være et bedre alternativ for miljøet end stål. Positive besvarelser på om et af de pågældende materialer vil vinde stærkt frem de kommende 5 år på bekostning af stål. N for de fire spørgsmål om materialerne er henholdsvis 125, 92, 122 og 90.*

Materiale:	antal	pct.-del
aluminium	126	50,4 %
magnesium	19	10,9 %
plast	131	53,7 %
teknisk keramik	59	32,6 %

Derimod er der kun få, der tror, at magnesium vinder stærkt frem om 5 år. Ca. en tredjedel mener teknisk keramik vil vinde frem. Magnesium har bedre korrosionsbeskyttende egenskaber, men er stadig dyrt at benytte, og teknisk keramik forudsætter ofte store anlægsinvesteringer, jvf. brancheprofilen.

#### *Integrerede galvanoanlæg i produktionslinien*

Virksomhederne blev spurgt, om det i fremtiden vil være muligt at benytte integrerede galvanoanlæg i produktionslinier (som f.eks. en stor fotokopieringsmaskine). Dette svarede 63 ud af 125, altså ca. 50% bekræftende på. For de virksomheder, der har svaret bekræftende på, at det vil ske, er der i tabel 3.24 givet deres vurdering af omstillingstiden for, hvornår integrerede galvanoanlæg indføres i produktionslinier.

**Tabel 3.24**

*Forventet omstillingstid til integrerede galvanoanlæg. Besvaret af virksomheder, der mener omstillingen vil ske. N=29*

Overgangstid:	antal	pct.-del
er allerede sket	17	33 %
inden for 5 år	15	29 %
inden for 10 år	15	29 %
tager mere end 10 år	5	10 %

Svarprocenten er ikke specielt stor på disse spørgsmål, så svarene må tages med forbehold. For galvanovirksomheder, der selv er direkte involveret er andelen af bekræftende svar på spørgsmålet om integrerede galvanoanlæg bliver indført oppe på ca. 60%. For galvanovirksomheder er det mest løngalvanisører fremfor virksomheder, der har galvanoafdeling til egenproduktion, der svarede bekræftende. Tallene er henholdsvis 67% og 50%. For løngalvanisører betyder indførelsen en kraftig reduktion af erhvervet. Det er også bemærkelsesværdigt, at hele 33% mener, at det allerede er sket. Ihvert fald må det konkluderes, at branchen

ikke ser det som en fremtidsvision, men i høj grad som et reel mulighed p.t.

### *Biologisk affedtning*

Virksomhederne blev spurgt om deres holdning til biologisk affedtning. Spørgsmålet lød: Enzymer og andre biokemiske stoffer og materialer kan udvikles og bruges til affedtning og vedligehold af procesbade. Forestiller du dig, at det vil vinde stærkt frem om 5 år. Hertil svarede 158 ud af 207 svarende til 76,3% bekræftende på spørgsmålet. 87 svarede ikke på spørgsmålet. Det er åbenbart ikke fremmed for branchen at benytte sådanne systemer i fremtiden, men derfra og så til at sige, at det vil blive indført, er der stadig langt.

## 4 Reduktioner i miljøbelastninger

Dette kapitel behandler de reduktioner i miljøbelastningen, som kan tilskrives indsatsen for renere teknologi indenfor området for industriel overfladebehandling af metal. De miljøproblemer, der har været sat fokus på, vurderes endvidere i forhold til en samlet opregning af de væsentlige miljøbelastninger, der findes indenfor brancheområdet. Ved udpegningen af de væsentlige miljøbelastninger er der taget udgangspunkt i følgende generelle klassifikation af miljøproblemernes type:

*Ressourceforbrug:* Fornyelige ressourcer som f.eks. træ, grundvand, vandkraft, hhv. ikke-fornyelige ressourcer som f.eks. olie, kul, gas, metaller, mineraler, etc.

*Eksterne miljøeffekter:* Globale effekter som f.eks. drivhuseffekten og ozonlagsnedbrydning overfor regionale/lokale effekter som forsurening, næringssaltbelastning, fotokemisk ozondannelse, persistent toxicitet, økotoxicitet, human toxicitet, affaldsmængde.

*Arbejdsmiljø:* Kemisk, biologisk og fysisk arbejdsmiljø, ensidigt arbejde m.v.

### *Effektmål*

I Appendix B er effekten af renere teknologi bl.a. opgjort ved miljømæssige nøgletal. Det er herved også tilstræbt at opgøre evt. forskydnings mellem de forskellige typer af miljøproblemer og opgøre miljøeffekten af indførelsen af renere teknologi både i relative og absolutte størrelser. Da det ikke har været muligt at indhente miljødata fra et repræsentativt udsnit af virksomheder har nøgletalsundersøgelsen været baseret på case-studier og tilgængelige data. Den belyser derfor kun indirekte og partielt reduktioner i miljøbelastninger forårsaget af renere teknologi indsatsen. Ved opskalering af miljøresultaterne er bl.a. benyttet de data om spredningen af de renere teknologier, som er blevet indsamlet i forbindelse med spredningsundersøgelsen.

For at foretage en samlet vurdering af reduktionen i miljøbelastningerne for de enkelte renere teknologier er de identificerede nøgletal og samlede belastninger sammenholdt med spredningsundersøgelsens resultater.

Derved har der kunnet opstilles et groft billede af:

- Den faktisk opnåede reduktion i miljøbelastningen ved anvendelsen af renere teknologi.
- Den samlede mulige reduktion i miljøbelastningen ved en konsekvent indførelse af renere teknologi alle relevante steder i branchen: det miljømæssige potentiale i renere teknologi.

### *Forskelligartet datamateriale*

Det statistiske materiale bygger på mange forskellige typer af kilder. Derved bliver de oplysninger, der ligger til grund for forbrug, produktionsstørrelser m.v. meget forskelligartede. Endvidere skyldes det, at miljøindsatsen har fokuseret på forskellige typer af miljøbelastninger, hvorved detaljeringsgraden af oplysninger varierer meget fra en type af miljøbelastning til en anden. Konklusionerne i dette afsnit bygger derfor på et

uensartet og kvalitativt forskelligartet datamateriale, hvilket derfor vil præge gennemgangen. Kapitlet er inddelt på følgende måde:

1. De væsentligste typer af miljøbelastninger inden for branchen gennemgås og eksemplificeres i forhold til branchens processer og materialeanvendelse. Disse typer af miljøbelastninger har dannet udgangspunkt for indsamling og vurdering af miljødata for branchen. Her er også medtaget arbejdsmiljøbelastninger, i det omfang disse udgør en særlig belastning i branchen og kan relateres til miljøbelastningen i øvrigt. Overvejelser både fra brancheprofilen og nøgletalsundersøgelsen er inddraget i dette afsnit.
2. De faktiske og potentielt mulige reduktioner i miljøbelastningen, som kan henføres til indførelsen af renere teknologi i branchen opgøres ud fra det tilgængelige datamateriale. Opgørelsen er her naturligt koncentreret om de miljøbelastninger, der har været fokuseret på i Miljøstyrelsens renere teknologi indsats.
3. Renere teknologi indsatsen og de opnåede reduktioner i miljøbelastningen vurderes i forhold til den samlede miljøbelastning fra branchen og i forhold til miljøbelastningernes samfundsmæssige betydning.

Da overfladebehandlingen i jern- og metalindustrien reelt består af galvanoområdet, varmforzinkning og organisk overfladebehandling, vil de i de følgende blive behandlet hver for sig i tre gange tre afsnit.

#### **4.1 Miljøbelastninger ved galvanoområdet**

De væsentligste typer af miljøbelastninger fra galvanisk produktion er følgende, jvf. Appendix B:

##### *Tungmetal i spildevand*

Spildevandet fra galvanobranchen indeholder ofte tungmetaller først og fremmest Zn, Ni og Cr, men også Cu, Pb, Sn og Ag fra de forskellige galvaniseringsprocesser. Desuden er der også mindre udslip af cyanider.

##### *Affald*

Tungmetalholdige filterkager (fast affald), idet indholdet af tungmetal i spildevand normalt reduceres ved metalhydroxidfældning. Nedslidte procesbade og flydende olieaffald vil forekomme lejlighedsvis.

##### *Energi- og vandforbrug*

Miljøbelastninger i form af ressourceforbrug forekommer ved brug af energi og vand.

##### *Arbejdsmiljø*

Aerosoldannelse kan medføre miljøbelastninger i form af et dårligt arbejdsmiljø i produktionslokalet. Emission til luften er i praksis uden betydning for det ydre miljø.

#### **4.2 Effekten af renere teknologi i galvanoområdet**

Projekterne har i denne branche gået på tværs af de enkelte renere teknologier. De forskellige metoder bruges i forbindelse med hinanden alt efter



pladsforhold, badsammensætning og produktkvalitet, hvorfor det er umuligt at skelne mellem en reduktion i miljøbelastninger som følge af en metode fra en reduktion som følge af en anden.

#### Forudsætninger

På basis af gennemgange af typiske virksomheder regnes der i nøgletalsundersøgelsen med et typisk vandforbrug pr. år på 1 mio.m<sup>3</sup> for branchen og et typisk tab af metal pr. år for en gennemsnitlig længgalvaniseringsvirksomhed på hhv. 190/10 kg zink, 285/15 kg nikkel og 475/25 kg chrom, hvor tallet før skråstregen er tabet af metal fældet som metalhydroxidslam, og tallet efter er tabet, der udledes med spildevandet. Der er her taget udgangspunkt i en virksomhed, der typisk producerer 50.000 m<sup>2</sup> overflade pr. år med badkoncentrationer på 20 g/l Zn, 100 g/l Cr og 100 g/l Ni, jvf. Appendix B. Regnes der med 100 egentlige galvanovirksomheder fører dette frem til de tal for de aktuelle udledning er hhv. reduktioner ved fuld implementering af renere teknologier, som er vist i tabel 4.1. Niveauet i tabellen må karakteriseres som det bedst opnåelige.

Reduktionsmulighederne er således skønnet til at være ganske store ved en konsekvent indførelse af renere teknologi, og det er et spørgsmål om det er realistisk at opnå denne miljøeffekt fuldtud selvom alle producenter indfører renere teknologier. Forskelle i udstyr, produkter og omhu vil antagelig begrænse resultatopfyldelsen.

**Tabel 4.1**

*Aktuelt forbrug og udledning af tungmetaller samt mulig maksimal reduktion.*

Forbrug/udledning:	aktuelt tons/år	mulig reduktion tons/år
vandforbrug i mio.m <sup>3</sup>	1	0,95
zink udledt m. spildevand	1,0	0,9
zink fældet i slam	19,0	17,6
nikkel udledt m. spildevand	1,5	1,2
nikkel fældet i slam	28,5	23,8
chrom udledt m. spildevand	2,5	2,2
chrom fældet i slam	47,5	43,8

### 4.3 Vurdering af indsatsen inden for galvanisering

#### Tungmetal

Tungmetaller bidrager til persistente, human toksiske og økotoksiske effekter. Toksiciteten af Cr, Ni og Zn er af samme størrelsesorden, både hvad angår toksiciteten overfor mikroorganismer i jord, i vand og for toksiciteten overfor mennesker indtaget oralt via økosystemerne. Dvs. at der ikke vil være nogen reduktion i belastningen ved substitution mellem stofferne (Hauschild 1994). Der findes kun få overfladebehandlende industrier, der udleder direkte til recipient, hvilket også er overensstemmende med, at der kun er tale om en samlet udledning af tungmetaller

uden om renseanlæg på ca. 5 tons/år (Miljøstyrelsen 1994b). Den årlige tilførte mængde tungmetal til renseanlæg i Danmark er estimeret til at være 31 tons chrom (Cr), 175 tons zink (Zn), 29 tons nikkel (Ni) og 77 tons kobber (Cu) (Miljøstyrelsen 1994b).

For Cr svarer den estimerede aktuelle udledning til spildevand på 2,5 t fra galvanobranchen til ca. 8% af den samlede Cr-tilledning til renseanlæg i Danmark. For Zn svarer den estimerede aktuelle udledning til spildevand på 1,0 t til 0,6% af den samlede Zn-tilledning til renseanlæg i Danmark. For Ni er den estimerede aktuelle udledning til spildevand på 1,5 t, svarende til 5,2% af den samlede Ni-tilledning til renseanlæg i Danmark.

#### *Affaldsmængde*

Galvanobranchen producerer omkring 2.000 tons metalhydroxid filterkager per år. Disse tal har ifølge nøgletalsundersøgelsen en usikkerhed på en faktor 10 og kan derfor kun benyttes til meget grove skøn.

Der er under renere teknologi indsatsen ydet tilskud til et forprojekt, der skal afklare de tekniske, økonomiske og juridiske aspekter ved en central behandling og oparbejdning af affald fra galvanoidustri og andre beslægtede industrier, som producerer tungmetaltholdigt affald. Her skal det bl.a. undersøges, hvilke foranstaltninger, der typisk skal gennemføres på de enkelte virksomheder, og hvilke affaldsfraktioner, der skal sendes til et centralt behandlingsanlæg.

#### *Ressourceforbrug*

Med hensyn til ressourceforbruget er der følgende opgørelse fra U.S. Bureau of Mines (Henrik Wenzel 1994):

**Tabel 4.2**  
*Ressourceopgørelse over visse metaller*

Metaller:	årlig produktion 1000 tons	kendte reserver 1000 tons
jern (Fe)	544.300	64.648.000
aluminium (Al)	17.878	3.488.000
zink (Zn)	7.325	144.000
nikkel (Ni)	937	48.988

Af tabellen ses, at adgangen til zink sammenlignet med det nuværende forbrug er begrænset, hvorfor det allerede nu kan være på sin plads at overveje erstatninger for zink.

#### *Energiforbrug*

Der er ikke udført renere teknologi projekter, der alene har haft til formål at nedsætte energiforbruget i galvanoidustrien. I nøgletalsundersøgelsen i Appendix B estimeres det årlige el-forbrug til ca. 40 GWh/år, og det vurderes, at start/stop ure på ventilatorer og varmelegemer til badopvarmning kan halvere forbruget.

#### *Vandforbrug*

Branchen i Danmark har et estimeret årligt vandforbrug på ca. 1 mio.m<sup>3</sup> vand, jvf. Appendix B. Dette vandforbrug udgør kun godt 0,4% af industriens samlede vandforbrug på ca. 225 mio.m<sup>3</sup> årligt, og mindre end 0,1% af det årlige vandforbrug i Danmark på 1.170 mio.m<sup>3</sup> (Hansen

1991). For Danmark er den årlige genererede fornyelige vandressource 11.000 mio.m<sup>3</sup>. Det svarer til, at der bliver dannet mere, end der forbruges. Lokalt kan der derimod være meget store udsving, så generelt er der fra myndighedernes side en opfordring til at spare på vandet samtidig med, at vandafgifter også gør det økonomisk fordelagtigt for virksomheder med stort vandforbrug at foretage vandbesparelser.

I en betænkning fra Miljøstyrelsen udarbejdet af Vandrådet (Miljøstyrelsen 1992c) er der givet et overblik over Danmarks fremtidige vandforsyning. Det fremgår heraf, at der er forskel på vandressourcerne afhængig af beliggenheden i Danmark. Det afgørende for vandressourcerne er kvaliteten af vandet (udvaskningen af næringssalte, pesticider, tungmetaller mv), hvor vandet hentes op, samt spørgsmålet om tilstrækkeligt vand i vores vandløb i de tørre sommermåneder. Med dette fokus viser det sig, at vandressourcerne er fuldt udnyttet på Sjælland og mange små øer, næsten udnyttet på Fyn og ikke udnyttet i Jylland. Dertil kommer så, at byområderne i Jylland bl.a. Aarhus, Skagen, Vejle også har problemer med vandforsyningen, hvis de ikke skal hente vandet langt væk fra.

Selv med disse forbehold må det konkluderes, at galvanoidustriens vandforbrug ikke udgør nogen specielt trussel mod vores drikkevandsforsyning, men at der relativt kan opnås store vandbesparelser, som i det samlede billede er vigtigt.

#### *Arbejdsmiljøeffekter*

Som arbejdsmiljøeffekter er det en samlet vurdering af eksponering og giftighed, der er relevant i vurderingen. Som grundlag for dette er grænseværdierne (Arbejdstilsynet 1994) for stofferne lagt til grund. Cr<sup>VI</sup> er kræftfremkaldende, og både Cr og Ni fremkalder eksem. I den sammenhæng kan det være relevant at se på substitutioner af Cr og Ni med andre metaller for at eliminere denne risiko, idet selv mere avancerede anlæg indebærer håndtering af kemikalier, vedligeholdelse, driftforstyrrelser, hvor eksponering af medarbejderne for stofferne vil forekomme. Endvidere forekommer der cyanbrinte ved brug af cyanholdige zinkgalvaniseringsprocesser.

### **4.4 Miljøbelastninger ved varmforzinkning**

De væsentligste typer af miljøbelastninger fra varmforzinkning udgøres ifølge (Miljøstyrelsen 1993c) og Appendix B af følgende:

#### *Emissioner til luften*

Luftforureningen af røg fra zinkgryden er en af de væsentligste miljøbelastninger. Røgen indeholder chlorbrinte og zink. Fra zinkgryden kan det ikke udelukkes, at der emitteres bly, som er tilsat af produktionsmæssige årsager (typisk 1%) eller stammer fra et blyindhold i zinkbarrene på op til 1,5%. Ligeledes kan der også forekomme cadmium i zinkbarrene. Dette er dog så små mængder, at de selvom emissionsgrænserne for cadmium er meget små, må anses for negligele. Efterhånden har de fleste varmforzinkere afskærmet zinkgryden og opført en skorsten til afkast af ventilationsluften fra afskærmningen. Dette har medført en stor forbedring af arbejdsmiljøet og mere kontrolleret spredning af zink til omgivelserne via dette ene afkast. Endvidere er chlorbrinte fra bejdsebadene en betydende miljøbelastning.

### Affald

Der produceres fast affald i form af hårdzink (med 3% Fe), zinkaske (ZnO) fra selve forzinkningen og jernhydroxidslam fra flusbadsgenvinding eller fra afgiftning af bejdse og flusbad. Alternativt bortskaffes affedtere, bejdse og flusbad som flydende affald via Kommune Kemi.

### Ressourceforbrug

10.000 tons Zink forbruges årligt. Dette tal er ikke neglignibelt i forhold til de kendte zink reserver (jvf. tabel 4.2).

### Energiforbrug

Et højt energiforbrug giver indirekte luftforurening via kraftværkerne.

## 4.5 Effekten af renere teknologi inden for varmforzinkning

Indenfor varmforzinkning har Miljøstyrelsen udarbejdet en brancheorientering om de mulige renere teknologier, der kan bringes i anvendelse (Miljøstyrelsen 1993c). Den er meget dækkende og bruges her som udgangspunkt. Den samlede mængde, der varmforzinkes om året er ca. 100.000 tons gods. De tre vigtige renere teknologier inden for branchen har været:

- biologisk rensning af affedterbade ved hjælp af mikroorganismer, der nedbryder olie og fedt
- regenerering af flusbade
- ultrafiltrering af affedtningsbade

Ifølge spredningsundersøgelsen bruger 7 ud af 23 virksomheder biologisk affedtning og 9 regenerering af flusbade. Kun 3 virksomheder, men nogle af delbranchens større, benytter ultrafiltrering til affedtningsbade. En virksomhed der har implementeret alle 3 renere teknologier, vil meget groft kunne opnå de procentvise reduktioner i miljøbelastningen, der er opgjort i tabel 4.3.

**Tabel 4.3**

*Miljøbelastninger og reduktioner i miljøbelastninger ved anvendelse af de 3 renere teknologier i varmforzinkningsindustrien.*

Miljøbelastning:	aktuel miljø- belastning <sup>1</sup> ton/år	mulig reduktion %	opnået reduktion ton/år	yderligere reduktion tons/år
zinkforbrug	10.000	10%	ca. 600	ca. 900
koncentreret saltsyre	4.000	50%	ca. 1.000	ca. 1.500
flusmiddel (NH <sub>4</sub> Cl, ZnCl)	200	100%	ca. 200	ca. 200
hårdzink (3% Fe, 97% Zn)	1.000	50%	ca. 250	ca. 400
zinkaske (ZnO)	2.000	25%	ca. 300	ca. 400
affaldssyre	5.000	50%	ca. 1250	ca. 1900
alusaffald	400	90%	ca. 150	ca. 200
kasserede affedterbade	200	100%	ca. 80	ca. 120

1 Tallene for miljøbelastningen er taget fra opgørelserne i (Miljøstyrelsen 1993c).

Ultrafiltrering og biologisk rensning er komplementære teknologier; de bruges ikke samtidig. Den aktuelle brug af de 3 renere teknologier taget under et, kan derfor estimeres til at være ca. 40%. Der kan her ud fra beregnes, hvor stor den allerede opnåede reduktion i miljøbelastningen er. Endvidere kan den yderligere mulighed for reduktion i miljøbelastningen, hvis alle virksomheder i branchen indførte alle 3 renere teknologier beregnes. Det skal understreges at tallene er overslag.

#### 4.6 Vurdering af indsatsen inden for varmforzinkning

Det kan ses af tabel 4.3, at de relative reduktioner i miljøbelastninger som følge af de 3 renere teknologitiltag er væsentlige. Opgjort på de enkelte væsentlige typer af miljøbelastninger giver det følgende billede:

##### *Luftforurening*

Ved gennemførelse af den aktiverede bejdse vil saltsyrekoncentrationen kunne nedsættes til det halve, og selvom det sker ved en lidt højere temperatur, har målinger vist, at chlorbrintekoncentrationerne i luften er i intervallet fra 0,32-0,65 mg/m<sup>3</sup>, hvilket svarer til 5-9% af Arbejdstilsynets grænseværdi for chlorbrinte på 7 mg/m<sup>3</sup>. (Miljøstyrelsen 1993c).

Med hensyn til luftforureningen fra selve zinkgryden findes der i dag ikke produktionsmetoder (renere teknologier), der kan erstatte luftrensning specielt i forhold til zink (evt i forhold til bly og cadmium), hvis Miljøstyrelsens luftvejledning skal efterleves (Miljøstyrelsen 1993c).

##### *Livscyklusperspektivet*

Denne emission af bl.a. zink skal sammenholdes med, at forbruget af zink i branchen for varmforzinkning er 10.000 tons om året. Zink har den funktion på det overfladebehandlede produkt at korrodere istedet for jernet, og derved spredes der langsomt via anvendelse af produktet store mængder zink i naturen. Ifølge (Hauschild 1994) vil denne spredning formentlig kun få betydning lokalt omkring de galvaniserede produkter, men dette mangler en verificering.

##### *Affaldsmængde*

Ved indførelse af de 3 renere teknologier som ovenfor nævnt vil affaldsmængderne af saltsyre, af tungmetaltholdigt slam, af flusaffald, af olieaffald mv. falde ganske betragteligt. Affaldsmængderne bliver i næsten alle tilfælde sendt til Kommunekemi til behandling, og kun i ganske få tilfælde kan de benyttes i anden sammenhæng, jvf. oparbejdede bejdsebade uden zink som fældningsmiddel til fosfor i renseanlæg. Reduktionen i affaldsmængderne vil derfor ikke umiddelbart påvirke miljøet, men på længere sigt vil det være vigtigt også at undgå disse affaldsmængder til Kommunekemi. Her bliver de oftest deponeret eller brændt og kun i meget få tilfælde bliver de oparbejdet. Under rt-indsatsen er der afsat penge til et forstudie til undersøgelse af en central genvindingscentral for tungmetaltholdigt affald, jvf. afsnittet om galvano.

#### 4.7 Miljøbelastninger ved organisk overfladebehandling

De væsentligste typer af miljøbelastninger fra organisk overfladebehandling er følgende, jvf. Appendix B:

<i>Opløsningsmidler</i>	Emissionen af opløsningsmidler til atmosfæren finder sted fra både forbehandling og maling.
<i>Kemikalier i spildevand</i>	Fra forbehandlingsprocesserne sker der ofte udledning af fosfater, tensider, silikater og olier med spildevandet. Fra selve påføringen af malinger kan der eventuelt forekomme udledning af malingsrester, pigmenter mv. fra rengøringsprocesser eller ved brug af vandige malinger. Disse rester skal dog opsamles og sendes til Kommunekemi.
<i>Affald</i>	Der produceres fast og flydende affald som f.eks. tungmetalholdigt filter slam fra forbehandlingen og indtørrede malingsrester og spild fra påførsoperationerne.
<i>Vand- og energiforbrug</i>	Der er et betragteligt ressourceforbrug af energi bl.a. til tørringsprocesser og ventilation. Vandforbruget er også væsentligt.

#### 4.8 Effekten af renere teknologi inden for organisk overfladebehandling

<i>Forbehandling</i>	Forbehandling betragtet som selvstændigt område ses primært i forbindelse med den organiske overfladebehandling, mens forbehandlingen indenfor galvano og varmforzinkning indgår som en integreret del af hele procesforløbet. Derfor er forbehandlingen medtaget i dette afsnit.
<i>Trichlorsubstitution</i>	Til den kemiske forbehandling har hovedinteressen været at afskaffe trichloranlæg og indføre vandbaserede affedtningsystemer. Starten var et udredningsprojekt om vandige produkter til affedtning såvel som fosfatering af stål efterfulgt af et implementeringsprojekt om opløsningsmiddelfri affedtning og lakering i jernindustrien, hvor bl.a. DISA var involveret. Forbruget af de chlorerede opløsningsmidler er ifølge Danmarks Statistiks importstatistik som gengivet i tabel 4.4.

**Tabel 4.4**  
*Forbruget af chlorerede opløsningsmidler i Danmark.*

År:	1987	1989	1991	1993
Opløsningsmiddel:	tons/år	tons/år	tons/år	tons/år
Trichlorethylen	2100	1840	915	1230
Perchlorethylen	510	790	630	760
Trichlorethan	700	400	ca. 450	514
Ialt	3310	3030	ca 2000	2504
50% heraf	1655	1515	ca.1000	1252

I spredningsundersøgelsen for brancheområdet for overfladebehandling har vi ingen data for, hvor mange virksomheder, der har erstattet trichloranlæg med vandig affedtning, men ifølge Søren Bender, DTI er et forsigtigt og groft skøn, at ca. halvdelen af det danske forbrug af chlorerede opløsningsmidler bruges til forbehandling i forbindelse med overfla-

debehandling. Den potentielle reduktion, hvis alle virksomheder indførte vandig affedtning er derfor ca. halvdelen af forbruget på landsplan.

Nedgangen i brugen af de chlorerede opløsningsmidler siden 1987 er en klar indikation på, at der er sket en substitution af trichloranlæggene. Der findes dog ikke nogle præcise tal for produktionsstørrelser, men ifølge Søren Bender har produktionen af overfladebehandlede emner været faldende indtil 1993, hvilket gør, at en del af faldet i forbruget af chlorerede opløsningsmidler skyldes et fald i produktionen. Dette kunne så også være en del af forklaringen på stigningen igen fra 1991-93.

#### *Vandig affedtning og fosfatering*

De vandbaserede systemer herunder også jern og zinkfosfatering har, som det fremgår ovenfor, vundet meget frem. De har dog stadig mange problemer ved anvendelse såsom øget spildevandsmængde, tensider, detergenter og olie i spildevand. For at komme disse problemer til livs og samtidig gøre det økonomisk attraktivt for virksomhederne at indføre systemerne, er det derfor nødvendigt at fokusere på recirkulationsmetoder og genbrug. Flere projekter er derfor blevet igangsat til forbedring af de vandbaserede affedtningsanlæg og genindvinding af brugte fosfateringsbade. Her kan bl.a. nævnes et projekt om ultrafiltrering til recirkulation af spildevand og et andet om et anlæg, der kan adskille olie og vand og recirkulere spildevandet og dermed nedsætte det flydende affald til Kommunekemi.

I spredningsundersøgelsen for overfladebehandling har det ikke været muligt at følge disse projekter præcist bl.a. fordi det ene først er blevet færdigt fornylig. Det er heller ikke muligt at få absolutte tal for produktionsstørrelser, så til denne opgørelse over reduktion i miljøbelastninger vil der alene blevet givet nogle procenttal baseret på de to eksempler.

I projektet om recirkulation af spildevand ved brug af ultrafiltrering til vandig affedtning på aluminium, har det vist sig muligt at reducere forbruget af tensider med ca. 90%, at opnå ca. en halvering af fædningskemikalier ved spildevandsrensningen og at reducere vandforbruget med ca. 40%. Dette projekt har været i brug ca. 2½ år.

Det andet projekt, anlægget til reduktion af affaldsprodukter fra forbehandling, opnåede en reduktion til ca. 5%. Alt afhængig af den ønskede renhedsgrad ville det være muligt at genanvende vandet i processen. Dette projekt er først slut i 1994, og det er derfor for tidligt at se på spredningseffekter.

#### *Chromatering*

Chromatering passiverer overfladen af metalemnet. Den benyttes som metode ved en slutbehandling af elektrolytisk forzinkede jernemner. Metoden kaldes zinkchromatering. Chromatering er ligeledes den foretrukne passivering af overfladen af aluminiumsemner, inden disse skal males, dvs. som en del af forbehandling.

Da chrom er meget giftigt både i miljøet og arbejdsmiljøet er der blevet udviklet alternative passiveringsmetoder af aluminium. På basis af tyske erfaringer er der hos Louis Poulsen gennemført et projekt om at zinkfosfatere aluminium istedet for at chromatere. Projektet har været en succes. Ifølge Kurt Faber, Chemetall Denmark, overfladebehandles i størrelses-

ordenen ca. 10 mill.m<sup>2</sup> aluminium om året i Danmark. Zinkfosfateringen vil ifølge Kurt Faber kun kunne erstatte chromateringen i ca. 50% af tilfældene, idet den ikke har helt de samme kvalitetsegenskaber som chromateringen. I gennemsnit benyttes der 2-3 g chromsyreopløsning pr. m<sup>2</sup>, hvilket giver en mulig reduktion i chromsyreforbruget på ca. 10 tons/år. Den nuværende brug af zinkfosfateringen til aluminium er endnu så lidt udbredt, at den er uden betydning for reduktionsmængdernes størrelse.

Til nedsættelse af chrom-udledningen kan også nævnes projektet om genanvendelse af zinkchromateringsbade hos Indu-Lak, Roskilde Galvanisering og Tandrup Jernvarefabrik. Forbruget af chromsyreopløsning til zinkchromatering til både blå-, gul-, grøn- og sortchromatering er ca. 68 tons/år, og dette har ikke ændret sig meget siden 1991 (Dahl 1994;A).

Udledningen af chrom til spildevand eller opsamling af chrom til affald, der skal til Kommunekemi, udgør efter kvalificeret skøn (Dahl 1994;A) 50% af forbruget, dvs. over 39 tons/år af chromsyreopløsning ender som udledning til spildevand eller opsamles som farligt affald. Hvis der regnes med 95% opsamling som metalhydroxid, fås 37 tons chromsyre som metalhydroxid som affald pr. år og 2 tons chromsyre udledt med spildevandet pr. år.

#### *Maling*

Fra programmets start i 1987 har der været fokuseret på substitutionen af opløsningsmidler enten ved brug af vandige systemer eller ved brug af high solid maling. Der har været udredningsprojekter om vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse og malematerialer ved industriel lakering. Der findes ingen data for forbruget af maling til industriel overfladebehandling, og de følgende estimater er derfor kun meget grove skøn fra farve- og lakindustrien. Et skøn over det samlede forbrug af maling og VOC i metalindustrien er foretaget i tabel 4.5.

**Tabel 4.5**

*Estimat over metalindustrien forbrug af maling og VOC*

malingstype:	maling tons/år	VOC tons/år
VOC baseret	ca. 6.700	ca. 3.700
vandbaseret	ca. 2.800	ca. 140
pulver	ca. 3.000	< ca. 10

En 50% reduktion af 2.800 tons VOC-holdig maling, der er blevet substitueret af vandbasert maling giver 1.400 samt 55% VOC indhold af VOC-holdig maling, der er blevet substitueret af 3.000 tons pulvermaling giver 1.650 tons VOC/år. Sammenlagt fås den realiserede VOC reduktionen ved anvendelse af vandbaserede maling og pulvermalinger til 3.050 tons VOC/år. Den mulige teoretiske ekstra reduktion i VOC vil være det totale nuværende forbrug af VOC, dvs. 3.700 tons VOC/år.

#### *Påføringsmetoder*

Udover substitution af malingstyper har der også været projekter vedrørende optimering af selve påføringsmetoderne, således at spildprocenten



bliver minimal. Det drejer sig om elektrodypning, elektrostatisk sprøjtning eller automatisk emneafslæsning. Disse påføringsmetoder vil i gennemsnit kunne reducere malingsspildet fra ca. 40% som et groft, men forsigtigt skøn til ca. 10%. Ved reduktion af malingsspildet sker der en reduktion af forbruget af organiske opløsningsmidler, men også en reduktion i affald til Kommunekemi.

I spredningsundersøgelsen for organisk overfladebehandling ses det, at påføringsmetoderne elektrodypning og automatisk emneafslæsning kun er meget lidt udbredt (henholdsvis ca. 1% og 9% af virksomhederne). Derimod benyttes elektrostatisk sprøjtning af knap 60%. Potentialet er for alle vådfarver en reduktion på 30% af forbruget, dvs. ca. 2.800 tons vådmaling. Hvis der regnes med 30% vandbaseret maling, vil dette svare til ca. 1.100 tons VOC/år.

#### **4.9 Vurdering af indsatsen inden for organisk overfladebehandling**

##### *Inhomogen branche*

Branchen for organisk overfladebehandling er en meget inhomogen branche, hvor mange forskellige typer af metalemner behandles. Det konkluderes i nøgletalsundersøgelsen for overfladebehandling, at den organiske overfladebehandling bør kategoriseres i forhold til 4-5 produktgrupper, der er tilstrækkelig homogene til, at det vil være muligt på grundlag af nøgletal at vurdere reduktionerne i miljøbelastninger. Resultaterne i forgående afsnit er derfor grove skøn, der ikke har taget hensyn til, hvorvidt det vil være muligt at anvende de forskellige renere teknologier indenfor alle områderne.

##### *Trichlor*

Trichlor benyttes ifølge tabellen i forrige afsnit stadig i udbredt grad. Den alkaliske affedtnings har endnu ikke bevist, at den kan leve op til kravene ved alle typer af affedtnings. Samtidig vurderer Søren Bender, DTI, at udviklingen går i retning af, at det er nødvendigt at fosfatere, inden der overfladebehandles for at få den tilstrækkelige holdbarhed uden at lægge flere lag malinger på. Der betyder, at jern- og zinkfosfatering vinder frem, hvilket samtidig indebærer en vandbaseret affedtnings enten som separat procestrin eller integreret i fosfateringen.

De chlorerede opløsningsmidler er mindre belastende end andre organiske opløsningsmidler, hvad angår den regionale fotokemiske ozondannelse, men til gengæld er de chlorerede opløsningsmidler mere giftige, hvad angår humantoksicitet og økotoksicitet (Hauschild 1994).

Det må dog konkluderes med det faldende forbrug af trichlor, at der er sket en ganske stor udbredelse af vandbaseret affedtnings, og at udviklingen fortsætter. Samtidig har det så givet problemer med spildevand, affald og evt. energiforbrug, som skal løses sideløbende.

##### *Vandbaseret affedtnings*

Brugen af forskellige metoder til recirkulation af vandet og nedsættelse af affald til Kommune Kemi er kun blevet opgjort i procenter. Der kan derfor ikke konkluderes på disse projekters absolutte reduktion i miljøbelastninger. Endvidere er det for tidlig at se på deres mulige spredning

i branchen. Det må dog opfattes som et vigtigt område, idet overgangen til de vandbaserede affedtningsystemer er i hastig udvikling.

#### *Chromatering*

Den mulige reduktion af spildet af chromsyre til spildevand både ved overgang til zinkfosfatering istedet for chromatering af aluminium og ved genvinding af chromateringsbade ved zinkchromatering, er som det fremgår af forrige afsnit. Ca. 2 tons/år. I forhold til den skønnede udledning af chrom på 30 tons/år er det kun en mindre del. Ikke desto mindre er chrom<sup>VI</sup> som argumenteret ovenfor giftigt, bl.a. kræftfremkaldende, så enhver substitution af chrom<sup>VI</sup> vil være væsentlig.

Den traditionelle chromatering af aluminium indgår i de etablerede kvalitetsordninger, GSB (tysk) og Qualicoat (sweizisk) som den foretrukne forbehandling for malede aluminiumsdele til bygningsbrug og anden udendørs anvendelse. Det har ikke været muligt at få den nye zinkfosfateringsmetode anerkendt af disse kvalitetsordninger, selvom holdbarhedstest var nær på at opfylde de samme standardkrav, som kvalitetsordningerne kræver. Dette er formentlig en blandt mange andre årsager til den ringe spredning af processen på det danske marked.

#### *Malinger*

Det fremgår af det foregående afsnit, at der er sket en betydelig reduktion i forbruget af VOC-holdige malinger, idet forbruget af vandbaserede malinger og pulvermalinger kan estimeres til ca. 46% af det samlede forbrug. De europæiske bilindustrier, som i høj grad siges at være bestemmende for markedet, benytter også i stigende grad vandbaserede malinger, og dette vil præge markedet afgørende fremover.

#### *Påføringsmetoder*

Påføringsmetoderne ved malingen kan ikke ses uafhængigt af valget af det farvesystem, der benyttes. Den potentielle reduktion på 2.800 tons/år vådmaling er jo baseret på aktuelle tal og teknologi. Meget tyder på, at udviklingen går i retning af et større forbrug af pulvermaling, hvilket gør spildet uafhængig af påføringsmetode. Hvis udviklingen ligeledes går i retning af vandbaserede farver, hvilket en del tyder på, vil reduktionen af opløsningsmiddelbelastningen ved brug af alternative påføringsmetoder blive minimal. For high solid malinger vil udvikling af alternative påføringsmetoder dog stadig spille en væsentlig rolle for at reducere opløsningsmiddelforbruget.

## 5 Sammenfatning

Dette kapitel sammenfatter resultaterne, der er fremkommet ved både projektevalueringen, spredningsundersøgelsen og resultaterne fra de to appendix: den erhvervsøkonomiske brancheprofil og nøgletalsanalysen. Evalueringen tegner et billede af området for overfladebehandling som et område, der har:

- en overvejende positiv miljøholdning
- en stærk spredning af kendskabet til og brugen af renere teknologi projekter, dog primært for galvanodelbranchen
- mange virksomheder, der uden tilskud har indført renere teknologi
- næsten udelukkende positive erfaringer fra de gennemførte renere teknologi projekter, også selvom krav og påbud har været nævnt som årsag til indførelsen
- et område, hvor de strukturelle forhold i branchen bør inddrages mere mht. vurdering af nye projekter

### 5.1 Branchens fremtid og livscyklusperspektiv

#### *Rivende udvikling*

Brancheprofilen peger på en rivende teknologisk udvikling i området for overfladebehandling. Muligheden for at anvende automatiske galvanoplag i produktionslinier eksisterer i øjeblikket for store ensartede stykproduktioner, men indebærer samtidig store investeringer. Der forskes meget i området, og som det fremgår af spredningsundersøgelsen, ser mange i branchen teknologien som en realistisk mulighed om 5 år.

Plast og aluminium er også materialer, som er i hastig fremvækst. Plastic udgør allerede nu med et forsigtigt skøn ca. 40% af materialer i industriprodukter, dog ikke basale byggeprodukter. Endvidere har bilindustrien også substitueret flere og flere bildele fra stål til plastic. Aluminium er på grund af vægten et velegnet substitutionsmateriale specielt i transportsektoren, og prisen er faldet kraftigt indenfor de sidste år.

Biologiske systemer til affedtning bør være et udpræget satsningsområde, idet denne teknologi kan billiggøre og effektivisere de mange forbehandlingsmetoder baseret på adskillelse af olie og vand. Dette, der også er nævnt i både brancheorienteringen for varmforzinkning og for galvanoidindustrien fra Miljøstyrelsen, gælder stadig, selvom Novo-Nordisk har stoppet udviklingen af glykolipider efteråret 1994.

#### *Livscyklusvurderinger*

Livscyklusvurderinger er også vigtige at inddrage i prioriteringer indenfor industriel overfladebehandling. Som det fremgår af brancheprofilen skal produktets længere levetid inddrages som parameter ved en effektiv overfladebehandling. Derved er det ikke kun miljørelationerne i selve produktionsfasen, der skal vurderes, men også miljørelationer ved fremstilling af råvarerne og miljørelationerne ved produkternes mulige genbrug eller nedbrydning. Specielt er disse forhold vigtige at belyse, når der tales om materialesubstitutioner. Også dette er nævnt i brancheorienteringerne fra Miljøstyrelsen.

## 5.2 Erfaringerne sammenholdt med andre reguleringsmuligheder

### *Positive erfaringer*

Det er markant, at stort set alle de virksomheder der har indført renere teknologi, har positive erfaringer med det, jvf. spredningsundersøgelsen. Det er også bemærkelsesværdigt, at de positive erfaringer i stor udstrækning også gælder de virksomheder, der bl.a. nævner krav i forbindelse med miljøgodkendelse eller påbud som årsag til indførelsen. Det drejer sig om ca. 76%. Det betyder, at brugen af de traditionelle tilsynskrav og påbud har været en vigtig årsag til indførelse af renere teknologi, men at disse projekter samtidig har resulteret i positive erfaringer ved anvendelsen. Kombinationen af traditionelle tilsynskrav og -påbud med tilskud til renere teknologi projekter har således støttet hinanden i området for overfladebehandling.

### *Lydhørhed ved rentabilitet*

Både projektevalueringen og spredningsundersøgelsen viser, at virksomhedernes lydhørhed overfor renere teknologi projekter hænger sammen med rentabiliteten i projekterne. Høje vandaflædnings- og affaldsafgifter eller krav om hvilke koncentrationer af kemikalieaffald, der skal til Kommunekemi, forhøjer rentabiliteten af projekterne og hjælper dermed på virksomhedernes motivation på at få dem gennemført. Dette kan også ses i spredningsundersøgelsen, hvor mange virksomheder bl.a. har angivet afgifter for vandaflledning som en del af årsagen til indførelsen. Afgifter på vandaflledning har på den måde været med til at gøre det økonomisk fordelagtigt at indføre vandbesparelsesforanstaltninger i området for overfladebehandling. Opsamling af spildevandet derimod er ikke en løsning på miljøproblemet, men kun en konvertering af det til anden bortskaffelse; altså til et kemikalieaffaldsproblem. Disse forhold skal indgå i overvejelserne på, hvordan afgifter fastlægges, og det skal erindres at selvom der skabes fokus på spildevand med vandaflædningsafgifter, betyder det ikke nødvendigvis, at andre områder bliver nedprioriteret i samme åndedrag. Summen af miljøtiltag er ikke på den måde konstant.

## 5.3 Aktører og innovation i branchen

Der er mange faktorer udover den økonomiske rationalitet, der spiller ind på virksomhedens handlinger f.eks. organisation, maskinpark, anlægsbeliggenhed, investeringscyklus mv. Ofte spiller disse faktorer ind med meget større vægt.

Branchens organisationsmæssige opbygning er også en af disse faktorer. Organisationerne er ofte centrale aktører i en branches innovationsproces. Indenfor industriel overfladebehandling er organiseringen imidlertid ikke centreret om nogle få organisationer:

### *Organisationerne*

Galvanisørforeningen tæller kun op mod halvdelen af virksomhederne indenfor galvanisering, mens virksomheder, der udfører organisk overfladebehandling, typisk er organiseret indenfor de brancher, som produktionen knytter sig til, ofte de forskellige brancheforeninger indenfor jern og metal.

Arbejdstagersiden er typisk organiseret i Dansk Metal og SID, men med de meget små virksomheder, som området dækker, er det tvivlsomt, hvor god organisationsprocenten er. Samtidig er det en lille del af et stort forbund, der har mange andre interesser at varetage.

Det betyder, at organisationerne ofte ikke har den nødvendige styrke til at være foregangsmænd på området, men kan være med som inspirator og som en vidensressource. Deres styrke overfor de enkelte medlemmer er ikke stor. Eventuelt forholder det sig anderledes med varmforzinkerne, hvor den potentielle styrke organisatorisk er tilstede.

#### *Virksomhederne*

For galvano er det de store galvaniseringsvirksomheder, der i dag er ledende og viser vejen mht. udvikling af produktionsprocesserne. Disse virksomheder ansætter i dag kemikere til at kontrollere og udvikle processerne, og virksomheder har kapitalen til at investere i store fuldautomatiske anlæg. Som eksempel herpå kan nævnes Danfoss A/S.

Den teknologiske udvikling indenfor varmforzinkning ledes også af de førende forzinkere selv. I forhold til flertallet af galvanovirksomhederne er varmforzinkerne mere investeringsvilligt indstillet.

#### *Leverandører*

For de mindre virksomheder i galvanobranchen er kemikalie- og anlægsleverandørerne den vigtigste kontakt, når det drejer sig om ny viden. Mange af de små løngalvanisører har ikke tilstrækkelig kemisk indsigt til at forstå procesteknologien.

Indenfor branchen af organisk overfladebehandling er langt den største del af viden og know-how placeret hos leverandørerne og især producenter af maleprodukter. Det er derfor gennem kontakten til leverandører og producenter af maleprodukter, virksomhederne indenfor organisk overfladebehandling henter deres indsigt og information. Desuden er det i høj grad hos producenterne af maleprodukter, at udviklingen af nye materialer sker. Malematerialer er i dag højteknologi og i udviklingen af de nye materialer er de danske malevareleverandører godt med bl.a. J.C. Hempels Skibsfarvefabrik A/S. Udviklingen og produktionen af maleprodukter er mere eller mindre tæt tilknyttet den tyske kemiske industri. For eksempel bliver størstedelen af de bindemidler, som bruges i danske maleprodukter produceret i Tyskland.

#### *Konsulenter*

Institut for produktudvikling (IPU) ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU) har stået for en del udviklingsprojekter under handlingsplanerne for renere teknologi. Af andre videnscentre kan nævnes Miljøkemi og DTI.

#### *Samarbejde mellem leverandører og konsulenter*

Stort set alle udførte projekter berører samarbejdet mellem leverandører og konsulenter. Leverandøren mener oftest, at det pågældende anlæg allerede har vist sin styrke, mens konsulenten ønsker en afprøvning med dokumenterede driftdata. I midten står selve virksomheden, der ofte har svært ved at finde ud af, hvilken person der har ret. Dette har typisk været problemet med leverandøren JB. Technology og forskellige konsulenter. Chemetall var inde i to forskellige projekter henholdsvis på Labofa Stål og Louis Poulsen. I projektet hos Louis Poulsen havde Chemetall en stærk interesse i, at projektet faldt heldigt ud og lagde utrolig mange

kræfter i det. I det andet var Chemetall stærk kritisk, fordi firmaet mente, at forsøgsfasen var overflødig, idet den allerede var dokumenteret i Tyskland. Uden at gå ind i diskussionen om hvorvidt dette er korrekt, taler dette for et tættere samarbejde mellem leverandører, selve branchen og konsulenter i forhold til nye projekter.

I denne sammenhæng skal det nævnes, at der er forskel på rent tekniske kvalitetsmæssige løsninger og så en dokumentation for miljøforhold. Leverandører har i mange henseender fingeren på pulsen, hvad angår de tekniske løsninger, og har ofte via deres udenlandske moderfirmaer en direkte forbindelse til den produktudvikling, der finder sted internationalt. På den anden side viser projekterne med al ønskelig tydelighed, at det er vanskeligt at overføre metode og teknologi fra en virksomhed til en anden, idet badsammensætning, emnernes beskaffenhed, renlighed i systemerne, den fysiske udformning af karrene mv. er afgørende for, om teknologien virker. Dette kræver så nye forsøg og en kemisk/fysisk viden, som leverandøren ikke nødvendigvis besidder, men hvor konsulenter har deres styrke. Projekter, hvor der har været enighed mellem konsulent og leverandør, har oftest været succeser, hvorimod der i tilfælde, hvor der har været modstridende synspunkter, har været problemer. Det må derfor ses som vigtigt, at leverandørerne er med til fastlæggelse af de teknologiske mål for projektet. Samtidig skal det naturligvis tages i betragtning, at leverandøren har en egeninteresse i at sælge sine produkter.

## 5.4 Nøgletal og fremtidens nøgleparametre

### *Nøgleparametre- begrebet*

Formålet med at konstruere nøgleparametre er at opnå et udtryk for en branches miljømæssige performance. Performancebegrebet er et forsøg på at udtrykke miljøeffekter - og ændringer i disse - med produktions- og emissionsdata. Værdien af nøgleparameteren (nøgletallet) er et udtryk for, hvor 'miljøvenlig' den anvendte teknologi er, og nøgletallene kan ideelt set anvendes ved sammenligning af forskellige virksomheders og delbranchers miljømæssige performance og eventuelt ved en vurdering af branchens samlede udledning.

I nøgletalundersøgelsen for overfladebehandling, jvf. Appendix A, er der givet et koncept for udviklingen af nøgleparametre. Konceptet indeholder 4 trin:

### *Fravalg af betydnings- løse miljørelationer*

Det første skridt i udvikling af nøgleparametre for en virksomhed eller en branche er fravalg af betydningsløse miljørelationer. Fravalget er nødvendigt for at kunne få et operationelt overblik over de værste miljøbelastninger fra virksomhed eller branche. Fravalget foretages ud fra kendskab til den pågældende virksomhed/branche, idet miljøbelastningen knytter sig til mængden af stof, stoffets giftighed overfor mennesker og biotoper samt stoffets mobilitet og nedbrydelighed i naturen.

### *Analyse af driftsparametre*

Det andet trin i nøgletalsudviklingen er en analyse af virksomhedens driftsparametre. Sammenhængen mellem disse og miljøbelastningen skal findes. De driftsrelaterede nøgleparametre kan bruges til beregning af miljøbelastningen og til optimering af driften. Optimering af processen

fører normalt til en mindsket miljøbelastning i form af et reduceret resourceforbrug.

*Nøjagtighed kræver omfattende dataindsamling*

Det tredje skridt i nøgletalsudviklingen bygger på erkendelsen af, at antallet af driftsparametre i virksomheden er så stort, at indsamling af data til beregning af miljøbelastningen bliver omfattende. Der skal derfor vælges blandt de driftsrelaterede nøgleparametre.

*Estimering af branchens miljøbelastning*

Det fjerde trin i udvikling af nøgleparametre sigter mod at opstille udtryk, der muliggør estimering af branchens miljøbelastning. Parametrene sammenlignes via index efter virksomhedens adfærd (viden, organisation og ledelse), virksomhedens teknologiske stade (proces teknologi, BAT, resourceforbrug) samt virksomheden produkter (livscyklusperspektivet).

*Ikke nøgletal for organisk overfladebehandling*

På basis af konceptet er der opstillet nøgleparametre for galvan og varmforzinkning, mens virksomheder med organisk overfladebehandling har så forskelligt udstyr, og behandler så forskellige emner, at simple nøgletal ikke kan opstilles. Ud fra nøgleparametrene er der lavet estimater over de miljømæssigt betydende nøgletal for galvanbranchen og varmforzinkningsbranchen. Der er endvidere lavet estimater for miljønøgletal for de væsentligste teknologier, der benyttes i branchen for organisk overfladebehandling, jvf. nøgletalsundersøgelsen. Generelt peges der på brancheniveau på få, enkle parametre ud fra sammenligningskriterier på tværs af brancher og ud fra betydning af overblik og pålidelighed fremfor detaljer.

Det konkluderes, at det er muligt at opstille sammenlignelige nøgleparametre for varmforzinkere, idet produktionen foretages efter en veldefineret proces. For galvanbranchen kan der opstilles formler for nøgleparametre, men mange afgørende konstanter, der indgår i formlerne, er udpræget virksomhedsspecifikke, og derved bliver nøgleparametrene ikke sammenlignelige virksomheder imellem. Endelig må det konkluderes for organisk overfladebehandling, at nøgletallene må udvikles i forhold til de enkelte teknologier, der benyttes på virksomheden. Endvidere må produkterne inddeles i kategorier, der lige som teknologierne kan benyttes til fastlæggelse af nøgleparametre og evt. nøgletal.

*Statistik ønskelig*

Mange af sådanne produktionstal og tekniske parametre findes ikke i dag tilgængelig hos Danmarks Statistik. De lokale miljøtilsyn har muligheden via miljøgodkendelse mv. og senest med lovforslaget om grønne regnskaber at bede om relevante miljødata fra virksomhederne. Hvis disse miljødata er helt eller nogenlunde ensartede på de forskellige funktionsområder, vil der være en mulighed for at vurdere på tværs af geografiske områder og de individuelle virksomheder. Det skal her slås fast, at det forudsætter få, enkle data, hvis det skal være relevant. Samtidig vil de være en del af en virksomheds egne nøgletal, hvorved den interne brug af informationerne også kan benyttes.

På enkelt-virksomhedsniveau er det vigtigt at pointere, at de relevante nøgleparametre afhænger af individuelle forhold i virksomheden, som virksomheden bedst selv kender. Her kan nævnes anlægsforhold, organisation, maskinpark, geografisk beliggenhed mv. Dette skal dog ikke afholde virksomhederne fra at levere få, enkle sammenlignelige data

enten direkte til Danmarks Statistik eller gennem det lokale miljøtilsyn. Nøgletalsanalysen kan være et godt udgangspunkt for hvilke tal, der skal indsamles.

## 5.5 Teknologiske overfor strukturelle løsninger

### *Strukturelle løsninger bør overvejes*

Projekterne har alle taget udgangspunkt i teknologiske løsninger for at indføre renere teknologi på virksomhederne, jvf. projektevalueringen. Dette udgangspunkt har ikke systematisk inddraget viden om branchestrukturen og om diversiteten i de emner, der skulle overfladebehandles. Indenfor galvanik har en af linierne i tildelingen af støtte været ombygning af eksisterende virksomheder. Ved en mere systematisk inddragelse af branchestrukturen med de mange små virksomheder som parameter kunne fokus måske have været anderledes. F.eks. kunne fokus tidligere være blevet decentrale modtage/oparbejdningsstationer, som der nu arbejdes på, dvs. en organisatorisk løsning på brancheplan, idet de enkelte virksomheder er for små til hver for sig at få råd til investeringerne i renere teknologi. Stadig mangler denne mulighed dog at blive analyseret for sin bæredygtighed.

En systematisk inddragelse af strukturen som parameter er også værd at overveje for området for organiske overfladebehandling, som også har mange små virksomheder. Dette er stadig vigtigt, selvom der for små autolakerere øjensynligt findes metoder i dag, hvor der kan bruges lakker med lavt indhold af VOC og sprøjtepistol, der reducerer lakforbruget.

Der er to hovedlinier i et videre forløb for både industrilønlakerere og løngalvanisører: Den ene er at udvikle et allround design til den type virksomhed, som er simpelt, ikke dyrt og driftssikkert. Den anden er ved miljøkrav at lukke de små virksomheder, der ikke har råd til investeringer i nye anlæg. Derved vil der ske en udrensning af de mindste og mest forurenende virksomheder, hvis de ikke indgår i et samarbejde med andre virksomheder. I forbindelse med dette kunne en specialisering på basis af enten procestyper eller produktkategoriseringer foregå, jvf. nøgletalsundersøgelsen for organisk overfladebehandling.

## 5.6 Faglige ekspertgrupper

Der har været nedsat en styregruppe for hvert enkelt projekt, som ofte har bestået af de samme personer. Det har været en måde at sikre bredde i projekterne og viden om, hvad der er lavet andre steder, f.eks. i udlandet. Dog er styregruppen kun inddraget, når projektet er defineret, og er derfor ikke på banen ved definitionen af indsatsområdet.

### *Faglig støttegruppe*

Flere personer taler om muligheden at etablere en faglig støttegruppe for området for industriel overfladebehandling, der kan sikre:

- at fokus er korrekt
- at projekterne hænger sammen med branchens struktur.
- at der bygges på internationale erfaringer, litteraturstudier mv.
- at sikre sig viden i formuleringen af projekterne fra både universiteter, leverandører, videnscentre, virksomheder, kunder, organisationer mv.



I den sammenhæng kan Miljøstyrelsen og branchen spille en aktiv rolle i formuleringen af projekterne. Gruppen kan i samråd med Miljøstyrelsen udbyde projekter indenfor området, som man kender det med licitationsprincipper andre steder. Det vil kunne sikre fokus på de rigtige problemstillinger i branchen.



# Appendix A:

## Brancheprofil og miljøproblemer

udarbejdet af Henrik Riisgaard og Brian Dalby

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>90</b>
1.1	Virksomhedernes antal og størrelse	90
<b>2</b>	<b>Overfladebehandlingsprocesserne</b>	<b>93</b>
2.1	Forbehandling	93
2.2	Galvanisering	96
2.3	Varmforzinkning	98
2.4	Malebehandling	99
<b>3</b>	<b>Miljørelationer og renere teknologi</b>	<b>103</b>
3.1	Forbehandling	103
3.2	Galvanisering	105
3.3	Varmforzinkning	108
3.4	Malebehandling	110
3.5	Branchen set i et livscyklusperspektiv	113
<b>4</b>	<b>Branchens struktur og konkurrenceforhold</b>	<b>114</b>
4.1	Konkurrenceforhold indenfor branchen	114
4.2	Substituerende processer og produktion	118
4.3	Leverandørers position	120
4.4	Aftageres position	121
<b>5</b>	<b>Branchens organisatoriske forhold</b>	<b>122</b>
5.1	Organisatoriske netværk	122
5.2	Vidensbaserede netværk	123

# 1 Indledning

## 3 delbrancher

Denne brancheprofil beskriver væsentlige strukturelle, økonomiske og miljømæssige forhold for overfladebehandling af metal i industrien. I definitionen af overfladebehandling af metalemner skelnes der i denne sammenhæng mellem metallisk belægning og organisk belægning. Metallisk belægning opdeles traditionelt i to brancher nemlig galvanobranchen og varmforzinkningsbranchen. Organisk overfladebehandling omfatter de virksomheder, som foretager malebehandling af metalemner. I alle tre delbrancher, galvano, varmforzinkning og organisk overfladebehandling skelnes der mellem lønarbejdende virksomheder, altså virksomheder, som udelukkende laver overfladebehandling og virksomheder, hvor overfladebehandling indgår som en del af produktionen. Denne skelnen har vist sig nyttig, idet virksomhederne oftest har forskellige vilkår mht. økonomi og teknologisk spillerum.

Opdelingen med en branche omfattende overfladebehandling af metalemner går i mange tilfælde på tværs af den traditionelle brancheopdeling. Brancheprofilen omfatter således alle de brancher, hvor der foretages overfladebehandling lige fra producenter af f.eks. landbrugsmaskiner og pumper til producenter af bygningsinventar, møbler og lamper. Brancheprofilen omfatter ikke svære stålkonstruktioner som f.eks. broer, skibe, platforme og tankanlæg som af størrelsesmæssige hensyn ikke behandles indendørs. Autolakeringsbranchen er ligeledes udeladt. Afgrænsningerne er gjort, fordi brancherne på mange punkter er afgørende forskellige. Overfladebehandling af træ og plastic samt overfladebehandling med plast, folier og emaljeret udelades ligeledes.

Specielt delbranchen organisk overfladebehandling omfatter et vidt spektrum af forskellige typer virksomheder, som producerer meget forskelligartede produkter. Det har derfor været svært at give et entydigt billede mht. dette områdes tekniske, økonomiske og miljømæssige struktur.

## 1.1 Virksomhedernes antal og størrelse

Da den her anvendte brancheopdeling som nævnt går på tværs af den traditionelle, er branchen statistisk set vanskeligt tilgængelig. Nedenstående skema er fremkommet dels ved brug af et adressekartotek hos Miljøkemi som dækker over 90% af virksomhederne inden for branchen, og dels ved brug af et kundekartotek fra DTI Overfladeteknik. Tallene er således ikke 100% eksakte og kan afvige fra andre opgørelser.

### *Virksomhedsantal usikkert*

Galvanoindustrien anslås i Danmark i dag til at omfatte ca. 155 virksomheder (incl. printindustrien) fordelt på både større virksomheder, der kun har galvanisering af egne produkter og virksomheder, der lever af at løn-galvanisere for andre. I galvanoindustriens brancheforening mener man, der kun er 100 virksomheder i branchen, excl. printindustrien, (ca. 12 virksomheder). Begge tal er en kraftig reduktion i forhold til tidligere skøn fra 1991. Dels har dette tal været overvurderet og dels har der fundet en del lukninger sted (oplyst af Jan Stelmaszczyk 1994). Uenigheden

om antallet må opfattes som et tegn på, at der ikke eksisterer et klart overblik over branchen.

**Tabel 1**  
*Antal virksomheder i de forskellige delbrancher*

Branche: Antal ansatte:	metallisk overfladebehandling				varm- for- zink.	org. over- fladebe- handl.	over- fladebe- handl. i alt	metal- be- handl. virks.	i alt
	galva- nis.	fosfa- tering	print	i alt					
0-9	52	1	3	56	4	187	247	0	247
10-24	20	3	2	25	4	53	82	298	380
25-49	12	7	3	22	4	14	40	85	125
50-99	5	1	6	12	1	6	19	32	51
100-249	6	1	4	11	2	2	15	12	27
250-499	13	4	0	17	2	0	19	2	21
500-999	2	0	1	3	0	0	3	0	3
> 1000	4	5	0	9	0	0	9	0	9
i alt	144	22	19	155	17	262	434	429	863

#### *Løngalvanisører*

Omkring halvdelen af virksomhederne er løngalvanisører og, som det fremgår af tabellen er en relativ stor andel af disse mindre virksomheder. En løngalvanisør er typisk en virksomhed med under 15 ansatte, med en blandet produktion, både hvad angår produkttyper, seriestørrelser og typer af behandling. Langt den største del af overfladebehandlingen er pålægning af zink hvorefter følger chrom og nikkel (oplyst af Kristian Løkkegaard 1994).

#### *Varmforzinkningsindustrien*

Varmforzinkningsindustrien består i Danmark af 20 virksomheder (oplyst af Lars Peter Degn 1994). 4-5 af virksomhederne laver ca. 85% af produktionen. De to største virksomheder sidder alene på mere end 50% af markedet. 7 af de 20 er virksomhedsforzinkere, der forzinker egne produkter, mens hovedparten altså laver varmforszinkning som lønarbejde. Den danske varmforszinkningsbranche har ekspanderet gennem de sidste 25 år. Fra i 1977-78 at have produceret 70-80.000 tons produceredes i 1993 ca. 100.000 tons. Det sidste år er der dog sket en mindre reduktion, og 2 virksomheder har måtte lukke.

#### *Metaller*

Langt de mest udbredte metaller til metalisk overfladebehandling i Danmark er zink, chrom og nikkel. Der blev i Danmark i 1993 tilsammen brugt ca. 10.000 tons zink til varmforszinkning. Det blev anslået at forbruget af zink til galvanisering i 1991 var omkring 250 tons (oplyst af Flemming Dahl). Forbruget af chrom og nikkel til overfladebelægning er mindre end forbruget af zink, men er iøvrigt ikke opgjort.

#### *Virksomheder med organisk overfladebehandling*

Der findes i alt ca. 260 virksomheder som foretager organisk overfladebehandling af metalemner. Den berørte sektor indenfor organiske overfladebehandling er hovedsagelig den lettere del af jern- og metalindustrien eller de såkaldte forarbejdende virksomheder. Malebehandling i Danmark er ifølge tabellen fordelt på mange små og kun få større virksomheder. Groft

skønnet er ca. én trediedel af disse virksomheder i dag lønarbejdende virksomheder (oplyst af Marianne Rachlitz og Niels L. Jensen 1994).

Rent statistisk er delbranchen svær at håndtere, idet en del metal forarbejdende virksomheder selv malebehandler deres produkter, hvilket kan have undgået en registrering i de her anvendte kilder. Dette kan illustreres ved en undersøgelse foretaget i 1990 af daværende Teknologisk Instituts afdeling for overfladeteknik i samarbejde med det nu nedlagte Nordisk Forskningsinstitut for Maling og Trykfarve. Her blev antallet af virksomheder skønnet til omkring 700-800 i alt (Miljøstyrelsen 1990a).

#### *Forbrug af maling og opløsningsmidler*

Det anslås, at forbruget af maling til industriel overfladebehandling af metal ligger omkring 12.500 tons pr. år. og forbruget af opløsningsmidler omkring 4.000-4.500 (Miljøstyrelsen 1990a). De ovennævnte mængder er fremkommet ved skøn, idet der ikke foretages registreringer heraf, ligesom der heller ikke findes opgørelser for det samlede forbrug af malinger til metal på landsplan.

Store virksomheder i denne forbindelse forbruger/emitterer 60-80 tons opløsningsmidler pr. år, hvilket svarer til et malingsforbrug på mellem 100 og 150 tons pr. år. Små virksomheder forbruger/emitterer 3-6 tons pr. år, svarende til et forbrug af maleprodukter på 5-10 tons pr. år. Det anslås at de store forbrugere i alt udgør omkring 50 virksomheder (Miljøprojekt nr 126).

## 2 Overfladebehandlingsprocesserne

Formålet med at overfladebehandle produkter af metal er hovedsagelig at beskytte mod korrosion samt af æstetiske hensyn. Jern korroderer når det udsættes for vand og ilt (eller vand og syre).

### *Korrosionsbeskyttelse*

Princippet ved korrosionsbeskyttelse gennem metalbelægning er ét af to: enten belægges emnet med et tyndt lag zink (uædlere end jern) som vil korrodere i stedet for jernet og således beskytte dette; eller metalbelægning (ædlere end jern) med f.eks. nikkel og chrom som i princippet udelukker ilt og vand. Det er imidlertid vanskeligt at undgå porer og beskadigelser af belægningen i tidens løb, hvilket betyder blottelse af jernet og dermed tab af korrosionsbeskyttelsen.

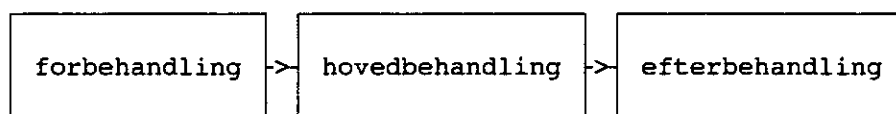
Den korrosionsbeskyttende effekt ved malebehandling opnås i princippet som ved metalbelægning med ædlere metaller, altså ved at hindre vand og ilt adgang til jernet. Malebehandling udføres ved påføring af ét eller flere lag maling, afhængig af type og krav til det færdige produkt.

Den følgende gennemgang er kun af oversigtsmæssig karakter. For uddybende information henvises der til Miljøstyrelsens RENTEK database samt Miljøstyrelsens publikationsserie af miljøprojekter.

Overfladebehandling kan deles op i 3 delprocesser, forbehandling, hovedbehandling (metal- eller malingpåføring) og efterbehandling. Hvert af de tre procestrin kan bestå af flere delprocesser. Mellem for- og hovedbehandling skylles emnet. (evt. også efter hovedbehandling og mellem delprocessen). Da mange af forbehandlingsprocesserne indenfor galvanopbehandling, varmforzinkning og malebehandling i princippet er de samme, er det valgt at behandle disse under ét.

### *Figur 1*

#### *Princippet i overfladebehandling*



### 2.1 Forbehandling

Der skelnes normalt mellem mekanisk, kemisk og elektrolytisk forbehandling. Emnerne gennemgår ikke nødvendigvis alle typer forbehandlingsprocesser, idet valget og kombinationen af disse afhænger af krav fra hovedbehandlingen samt til kvaliteten af overfladebehandlingen.

#### *Mekanisk forbehandling*

Ved mekanisk forbehandling forstås en mekanisk påvirkning af overfladen ved børstning, hamring eller slibning, eller ved at et blæsemiddel (f.eks. kvartssand) slynges mod overfladen. Rensning med blæsemidler foregår oftest ved enten fristrålerensning eller slyngrensning i mere eller mindre

lukkede anlæg. Overfladen vil efter behandlingen fremstå fysisk ren med en mere eller mindre ru overflade. Den mekaniske forbehandling er ikke effektiv til fjernelse af olie og fedtstoffer, hvorfor der evt. foretages en forudgående kemisk affedtning.

#### *Kemisk forbehandling*

De forskellige typer af kemiske forbehandling kan inddeles i tre hovedgrupper efter den ønskede effekt: affedtning, bejdsning og fosfatering/chromatering.

#### *Affedtning*

Affedtning foregår ved dypning i bade. Emnerne placeres således på kroge i en ramme eller for mindre emner i tromler. Rammen eller tromlen kan bevæges maskinelt, enten ved hjælp af en betjenelig kran eller et mere moderne programmerbart fuldautomatisk system (især ved tromler). I sjældne tilfælde foregår dypningen stadig manuelt.

Affedtning vil altid gå forud for galvanisering for at sikre, at overfladerne er så rene, at de efterfølgende metalbelægninger hæfter godt ved. Traditionelt har man i megen jern- og metalindustri benyttet sig af organiske opløsningsmidler til at klare affedtningen. I de senere år er stadig flere dog begyndt at benytte sig af andre typer affedtning rækkende fra varmt vand, over alkalisk affedtning, elektrolytisk affedtning, fosfatering og chromatering.

Affedtning med organiske opløsningsmidler kan ske gennem brug af chlorerede opløsningsmidler ("trichlor") eller andre typer ikke-chlorholdige opløsningsmidler. Blandt de ikke-chlorholdige opløsningsmidler bruges for eksempel xylen, cellulosefortynder og terpentin. Processen kan foregå ved dypning, børstning eller aftørring med klud. Da denne proces giver meget store arbejdsmiljøproblemer, er den ikke særligt udbredt.

#### *Trichlor*

Affedtning med trichlor dækker over brugen af trichlorethan eller trichlorethylen (eventuelt kan også bruges perchlorethylen). Processen foregår i et lukket såkaldt tri-anlæg. Der er tale om et dybt kar, hvori emnerne kan nedsænkes. I bunden af karret opvarmes trichloren, så den fordamper. Højere oppe er en kølezone, der får det fordampede opløsningsmiddel til at kondensere, hvormed det sikres, at det ikke fordamper ud af anlægget. Sænkes emnerne ned under kølezonen, vil trichloren udkondenseres på emnet og opløse olie og fedt, der herefter drypper af. Der opkoncentreres således olie og fedt i bunden af anlægget. Udslip af trichlor til omgivelserne sker primært ved, at emner ikke er helt "tørre", når de hejses op af anlægget. Ved almindelig daglig brug af anlægget, vil der årligt forbruges adskillige tons trichlor. I de senere år er man imidlertid mange steder gået over til vandbaseret affedtning (emulsionsaffedtning/alkalisk affedtning).

Ved affedtning med organiske opløsningsmidler sker der ingen passivering af overfladen, og efterfølgende behandling skal derfor ske umiddelbart efter affedtningen.

#### *Alkalisk affedtning*

Den mest udbredte form for affedtning er alkalisk affedtning. Til affedtningen benyttes her forskellige typer af "lud" som for eksempel kalium- eller natriumhydroxid samt silikater, fosfater, borater etc. Derudover er tilsat tensider (for at nedsætte overfladespændingen) og detergenter. Ren-



seeffekten styres af rensetid, badtemperatur, mekanisk påvirkning (omrøring) og badets kemiske sammensætning.

#### *Bejdsning*

Bejdsning foretages for at fjerne oxiddannelser, for eksempel rust eller glødeskal, på metalemnene. Bejdsning sker i koncentrerede syreblandinger, dog vil bejdsning af aluminium foregå basisk. Syreblandingerne kan bestå af en eller flere af følgende syrer: saltsyre, svovlsyre, salpetersyre eller flussyre. Bejdsning er således ikke en elektrolytisk proces.

#### *Chromatering*

Ved chromatering dannes et chromatholdigt passiveringslag oven på et metaleme. Chromatering opdeles i 4 hovedtyper, nemlig gul, blå, oliven og sort chromatering. Chromateringsbadene består af meget svage syrer. I alle chromateringsbade indgår chromsyre, og herudover optræder specielt eddikesyre samt forskellige salte (nitrat, chlorid, fluorid). Denne form for forbehandling anvendes ofte i forbindelse med malebehandling af aluminium.

#### *Fosfatering*

Fosfateringen har to formål. Fosfateringen i sig selv virker som affedtningsmiddel på ikke alt for fedtede emner. Derudover dannes ved fosfatering et meget tyndt lag metalfosfater på emnets overflade. Fosfatering sker, ved at emnet neddyppes i eller påsprøjtes med fosfateringsvæske. Der findes to hovedtyper af fosfatering, nemlig med jernfosfater eller zinkfosfater. Behandlingen foretages for at øge vedhæftningen af maling samtidig med at der opnås en øget korrosionsbestandighed. Jernfosfatering er langt den mest udbredte i Danmark, idet den også anvendes til affedtningsmiddel (Miljøstyrelsen 1992b).

#### *Elektrolytisk affedtningsmiddel*

Affedtningsmidlet kan også foregå som en elektrolytisk proces, ved at der sendes strøm gennem et bad, hvori emnet er nedsænket og udgør den ene pol. Elektrolytisk affedtningsmiddel foregår også i alkaliske opløsninger dog i svagere koncentrationer end ved alkalisk affedtningsmiddel. Elektrolytisk affedtningsmiddel kan således bruges efter alkalisk, men også alene alt afhængig af graden af emnernes tilsmudsning.

Ved afrensning af stål og zink fungerer emnet som anode. Anoden og katoden er inerte, det vil sige, at de ikke påvirkes af strømmen, men at der udvikles ilt ved anoden og brint ved elektroden. Ved afrensning af kobber, messing og bronze fungerer emnet som katode. Der kan her bruges cyanholdige bade (cyanaffedtningsmiddel).

#### *Dekapering*

Ved dekapering fjernes alkaliske aflejringer fra forudgående affedtningsmiddel eller tynde oxidlag, der kan være opstået ved elektrolytisk affedtningsmiddel. Dekapering sker ved at nedsænke emnerne i en svag syre.

#### *Skylleprocesser*

De nævnte etaper af forbehandlingen og de efterfølgende metalbelægningsfaser er adskilt af skylleprocesser, hvorved man sørger for at procesbadene holdes adskilt. Det kan nemlig ikke undgås, at der sker en vis overførsel af procesbadet, når emnet fjernes. På emnerne vil der sidde dråber fra procesbadet. Dette kaldes overslæb.

#### *Tørring*

Alle våde forbehandlinger af emner, som efterfølgende skal malebehandles, afsluttes som regel med lufttørring af emnet, evt. i varmeovn (IR-ovn eller konvektionsovn, se afsnit 3.4.2).

## *Flusning*

Før en varmforzinkning gennemløber emnerne tre forbehandlingsprocesser: affedtning for fedt og olie (kan i visse tilfælde undlades), bejdsning til fjernelse af rust og glødeskaller og endelig flusning med 40-70°C varmt flusbad (vandig opløsning af zinkchlorid og ammoniumchlorid), hvis funktion er at opløse oxiderne på stål- og badoverfladen, så stål og zink kan komme i ren metallisk kontakt med hinanden under selve forzinkningen. De enkelte forbehandlingsprocesser er evt. afbrudt af skylleprocesser.

Ved en efterfølgende malebehandling har typen af forbehandling en meget afgørende betydning for malebehandlingens holdbarhed, korrosionsbestandighed, slagstyrke, finish etc. Kravene til rensningsgrad og ruhedsgrad afhænger af valg af malingstype (specielt af valg af grundmaling) samt af hvilke krav der iverksettes til produktet.

## **2.2 Galvanisering**

### *Definitioner*

Galvanoindustrien omfatter i denne sammenhæng alle de uorganiske overfladebelægninger, der finder sted ved dypning af metallet i en metalholdig vanding opløsning og de dertil hørende for- og efterbehandlingsprocesser. Processerne kan være mekaniske, kemiske eller elektrolytiske. Med denne definition afgrænses gennemgangen fra at omfatte printkortindustrien, sprøjteforzinkning, emaljering og tørre metalbelægninger.

I det følgende gennemgås de vigtigste processer i galvanoindustrien i samme rækkefølge som emneflow'et dvs. forbehandlinger, hvor emnerne rengøres, hovedbehandlinger, hvor metalpålægning(erne) finder sted og til sidst efterbehandling af belægningen. Hovedvægten lægges på de tre oftest benyttede hovedprocesser for stålemner: forzinkning, fornikling og forchromning.

### **2.2.1 Metalpålægning**

#### *Elektrolytisk galvanisering*

Efter affedtning vil emnerne passere til selve galvaniseringen. Denne proces foregår elektrolytisk. Emnet anbringes som katode mens anoden normalt består af det metal, der skal pålægges. De mest almindelige processer omfatter pålægning af zink, chrom, nikkel og kobber, men også tin, bly, cadmium, sølv og guld kan benyttes. Af kombinationer af metaller bruges for eksempel bronze, messing, blytin, etc.

Normalt består elektrolytten af vand og opløste metalsalte, syrer, cyanider etc. Den givne blanding af kemikalier er ofte meget specifik for den enkelte proces, men som hovedregel tjener det til at opretholde en vis ledningsevne af væsken. Ved siden af disse kemikalier indeholder væsken også glansmidler og f.eks. skumdæmpende midler.

#### *Forzinkning*

I det følgende gennemgås tre typiske processer: forzinkning, fornikling og forchromning. Der skelnes mellem to processer nemlig cyanidisk og cyanfri. Begge processer kaldes normalt for el-galvanisering. Ofte bliver emnerne kun behandlet med zink, men i mange tilfælde vil der efter elgalvaniseringen ske en yderligere behandling for eksempel ved pålægning af chrom.

Ved den cyanidiske proces er der cyanidsalte i badet. Dette bad er stærkt basisk og er endvidere giftigt på grund af sit cyanidindhold. Belægningen bliver halvmat. Ved den cyanidfrie proces består badet af zinkoxid og natriumhydroxid (NaOH). Dette bad er ligeledes stærkt basisk. Belægningen bliver halvmat.

En anden type proces er det svagt sure zinkbad, hvor grundbestanddelene er zinkchlorid, kaliumchlorid og borsyre. Badet er kun svagt surt og processen regnes normalt for relativt ufarlig. Belægningen er blank.

#### *Nye belægnings- med legeringer*

En forholdsvis ny teknologi består i at pålægge en zinknikkel- eller zink-jernlegering. Processen kræver nøje overvågning og pulserende vekselstrøm i stedet for som vanligt jævnstrøm. Denne proces giver forbedrede egenskaber og ventes derfor at vinde indpas.

#### *Fornikling*

Ved fornikling bruges normalt sure bade. Efter forniklingen vil der i de fleste tilfælde yderligere ske en chromatering. Der findes 5 hovedprocesser for elektrolytisk udfældning af nikkel. De mest almindelige er de såkaldte Watt og Wood processer.

I Watt processen er badet opbygget med nikkelsulfat, nikkelchlorid og borsyre. Der skelnes mellem højglans og mat nikkel, der kan laves ved tilsætning af forskellige typer af glansmidler. Badet er svagt surt. I Wood processen er badet opbygget med nikkelchlorid og saltsyre, men kan eventuelt også være baseret på svovlsyre. Badet er stærkt surt. Belægningen får en meget god vedhæftning. Denne type belægning bruges som meget tynde "strike-lag", der kan bruges som efterfølgende "bund" for pålægning af andre metaller (for eksempel kobber).

#### *Forchromning*

Forchromning laves oftest som et relativt tyndt lag, der skal sikre en slidstærk og glansfuld overflade på andre belægnings (zink eller nikkel), men forchromning kan også bruges til alene at sikre styrke ved den såkaldte hårdforchromning. Den mest almindelige proces er pålægning af glanschrom. I glanschrombade benyttes bly-anoder, og badets grundbestanddele er chromsyre og svovlsyre. Badet er surt. Processen bruges normalt oven på nikkelbelægnings. Ved sortchrom bruges ligeledes blyanoder, hvorved der ligeledes udvikles ilt. I badet bruges chromsyre og forskellige katalysatorer. Badet er stærkt surt. Anvendelsen af denne belægning sker mest i dekorativt øjemed. Processen er som den foregående baseret på brug af hexavalent chrom.

Ved hårdforchromning pålægges emner direkte et meget tykt lag chrom for at sikre emnet styrke. Badet er stærkt ætsende. Processen er ligeledes baseret på hexavalent chrom.

#### **2.2.2 Efterbehandling**

Hvis der udover korrosionbeskyttende egenskaber ønskes et særligt udseende, herunder kulører, er det nødvendigt at efterbehandle emnerne. Chromatering anvendes især til efterbehandling af zinkbelægnings, hvorved man opnår en farvning. Hvis det galvaniserede emne efterfølgende skal males anvendes fosfatering. Disse processer er beskrevet tidligere (se afsnit 2.1).

## 2.3 Varmforzinkning

Den væsentligste årsag til at anvende forzinkning er at opnå en effektiv beskyttelse mod korrosion, især ved metalemner, der udsættes for regn udendørs. Overfladen bliver efter nogen tid matgrå. Hvis der stilles andre krav til overfladen af æstetiske årsager, må zinken efterfølgende males.

*Beskytter på 2 måder*

Zinkbelægning på stål beskytter mod korrosion på to måder:

- Som barriere, dvs forhindrer ilt og fugt at trænge ind til ståloverfladen,
- Ved at give katodisk beskyttelse i ridser, slagmærker, klippekanter osv. Dette gør varmforsinkede emner, der udsættes for hårdhændet behandling, mere korrosionsfaste end f.eks. bemalede emner i samme miljø.

Zink er et uædelt metal med stor korrosiontilbøjelighed. At korrosionshastigheden trods alt er lav i de fleste miljøer skyldes, at metallens overflade hurtigt bliver dækket af korrosionsprodukter, som yder en effektiv beskyttelse mod videre korrosion.

Ved varmforsinkning lægges et korrosionsbeskyttende lag af zinklegeringer på stålerner ved dypning i smeltet zink. Den følgende beskrivelse er baseret på Rune Thomas's 'Håndbog i varmforsinkning' fra 1989.

### 2.3.1 Metalpålægning

*3 neddybningsprincipper:  
på ophængningsværktøj, i  
centrifugekurve og i  
kontinuerte anlæg*

Selve forzinkningen foregår normalt ved at dyppe emnet i gryde med en zinksmelte opvarmet til 460°C i 1,5-10 min. Den høje temperatur betyder, at emnets mekaniske egenskaber kan ændres. Selve neddybningen kan foregå på tre forskellige måder ved tre forskellige emnetyper:

- Dyppeanlæg til stykgods ved ophængning på værktøj. Anvendes kun til større emner, da ophængningen ellers vil fordyre belægningen.
- Centrifugeanlæg til små emner (søm, skruer, skiver, beslag). Emnerne placeres i kurve som sænkes ned i smelten. Når kurven tages op, placeres den i en centrifuge og ved rotation slynges en del af zinken af overfladen, som bliver fri for dråbedannelser og ujævnheder. Centrifugering er velegnet til emner med gevind. Zinklagnet bliver noget tyndere, 50-60 µm.
- Kontinuerte anlægstyper til forzinkning af tråd, rør og tyndplader. Ved rør og tyndplader blæses fine damp- eller luftstråler som skærer zinkbelægningen ned til den ønskede tykkelse. Samtidig opnås jævne overflader, der er fri for ujævnheder. Ved tyndpladefremstilling anvendes en smelte af mikrolegeret, lavtlegeret eller højt legeret zink, hvor aluminium udgør henholdsvis 0,2%, 5% og 55%. Pladerne kan også belægges med rent aluminium eller med aluminium med silicium. En sådan varmealuminiseret plade er mere temperaturbestandig og anvendes derfor primært, hvor der opstår høje temperaturer, f.eks. biludstødningsrør. (Danckert, Joachim 1992)

Ved varmforzinkning sker en reaktion mellem emnemetallet og zinken, hvorved en række zinklegeringer dannes i overfladen af stålet. Overfladelagens tykkelse og udseende afhænger af bla. dyppetid og af hvordan reaktionen sker, som igen afhænger af ståltype og af hvordan størkningen foregår. Tykkelsen varierer mellem 50-300  $\mu\text{m}$ . I gennemsnit anslås det, at zinklaget udgør ca. 10 % af godsvægten.

### 2.3.2 Efterbehandling

#### *Afkøling*

Efter dykning afkøles de større emner normalt ved almindelig luftcirkulation i lokalet, mens mindre centrifugegods til tider vandkøles. Efter afkøling fjernes større zinkklumper fra overfladen mekanisk.

#### *Zinkaftækker*

Uden for den egentlige forzinkningsproces findes på flere af virksomhederne en såkaldt aftrækssyre. Det er normalt en delvis brugt bejdsesyre, som anvendes til opløsning af zink fra ophæng, værktøjer og fejlproduktion. Aftrækssyren benyttes endvidere til aftrækning af zink fra tidligere forzinkede produkter i forbindelse med omforzinkning.

## 2.4 Malebehandling

Malebehandling er langt den mest anvendte metode til overfladebehandling af jern og metal. Malebehandling foretages primært som beskyttelse mod korrosion og som forskønnelse (glans og kulør). I nogle tilfælde er målet med behandlingen at opnå nogle helt specielle egenskaber så som ændret overfladestruktur, friktion, varmetransmission eller for at opnå en let rengørlig overflade.

Indenfor malebehandling er der stor forskel på de resultater, der kan opnåes ved brug af de forskellige malebehandlingsprocesser, mht. holdbarhed og æstetik. Valg af processer og kombinationen af disse afhænger derfor af, hvilke krav, der stilles til det konkrete produkt. Der produceres i den danske jern- og metalindustri et vidt spektrum af produkter med forskellige egenskaber. Dette betyder, at valg af processer og materialer samt opbygningen af produktionsanlæg i princippet er sket individuelt fra virksomhed til virksomhed.

#### *Delbranchens underopdeling*

En nyttig opdeling af delbranchen vil være en opdeling efter typen af produkter og efter hvilke krav, der stilles til overfladebehandlingen af disse. Den opdeling af produkterne, som vil blive anvendt i denne sammenhæng, er en inddeling i 4 hovedgrupper og 3 mindre grupper. Denne opdeling blev fundet anvendelig i en undersøgelse af "Miljøvenlige malematerialer i jernindustrien" publiceret af Miljøstyrelsen i 1990 (Miljøstyrelsen 1990a).

Inddelingen er i følgende hovedgrupper:

- H1 Grovware med mindre krav (f.eks. containere og landbrugsmaskiner).
- H2 Grovware med større krav (f.eks. vejmaskiner og facadepartier i metal)

- H3* Finere produkter med mindre krav (f.eks. ståltromler, radiatorer, ståltreoler, køleskabe, stål møbler (stel), lysstofarmaturer og VVS-armaturer (professionelt brug)).
- H4* Finere produkter med større krav (f.eks. lampeskærme, kontormaskiner, cykler og VVS-amaturer (privat brug)).

og i de 3 mindre grupper:

- M1* Produkter med varmekølsomme dele (f.eks. pumper og hydrauliske dele).
- M2* Produkter med bunden fremgangsmåde (f.eks. buskarrosserier).
- M3* Midlertidig behandling (f.eks. ståldøre).

Skelnen mellem store og små krav går alene på krav til overfladebehandlingen. Disse omfatter således krav til overfladens bestandighed overfor korrosion, slitage, vejrlig etc. samt æstetiske krav til glans, kulør og at overfladen skal stå fejlfri og glat. Kravene til de enkelte parametre kan naturligvis være vægtet vidt forskelligt fra produkt til produkt.

Overfladebehandlingen kan inddeles i 3 delprocesser, mekanisk og/eller kemisk forbehandling, påføring af ét eller flere lag maling og en efterfølgende tørring/hærdning. Forbehandlingsprocesserne er beskrevet tidligere (se afsnit 2.1).

#### **2.4.1 Påføring af maling**

##### *Maleprodukter*

Organisk belægning kan overordnet opdeles i to typer: vådmaling og pulvermaling. Hovedbestanddelene i vådmaling er bindemidler, farvepigmenter, fyldstoffer og opløsningsmidler. Pigmenter og fyldstoffer har til formål at give malingen farve og det nødvendige tørstofindhold. Opløsningsmidler anvendes primært for at opnå en passende viskositet, således at malingen kan påføres til et jævnt lag med den ønskede tykkelse, typisk 30-40  $\mu\text{m}$ .

De hyppigst anvendte opløsningsmidler er xylen, butanol og højere aromater, og i vandfortyndbare malinger naturligvis fortrinsvis vand (Miljøstyrelsen 1990a). Bindemidlerne er hovedansvarlig for malingens egenskaber både i flydende og i optørret stand. Pulvermalinger indeholder til forskel fra vådmalingerne ingen opløsningsmidler, men består af næsten 100% tørstof.

##### *Påføring ved sprøjtning*

De mest udbredte metoder til påføring af vådmaling er sprøjtning (hvor der skelnes mellem luftforstøvning, luftløs forstøvning og kombinations-sprøjtning). Grovvarer sprøjtemales oftest enkeltvis i kombikabiner. Mindre emner ophænges typisk på conveyor og føres gennem en sprøjtekabine, hvor malingpåføringen sker med sprøjte enten manuelt eller automatisk. Ved automatisk påføring anvendes traversmaskiner eller 5-6 frihedsgrader robotter. En sprøjtekabine er indrettet således at den forbi-sprøjtede maling bortsuges og opfanges i enten cirkulerende vand (våd sprøjteboks) eller fastholdes i tørt filter (tør sprøjteboks).

<i>Rotationssprøjtning</i>	En særlig sprøjtemetode er rotationssprøjtning, som endnu har en lille, men stigende udbredelse. Denne påføringsmetode er en af de metoder, der giver mindst materialespild.
<i>Automatisering af processerne</i>	Graden af automatisering i virksomhederne er meget varierende. I virksomheder med meget varierende produkter og typer af behandling (først og fremmest i de små lønarbejdende virksomheder) benyttes typisk en lavere grad af automatisering (Miljøstyrelsen 1990a). Derved opnås den største fleksibilitet og den korteste omstillingstid. Er produktionen derimod mere ensartet og tilstrækkelig stor, vil malebehandlingen typisk være mere automatiseret.
<i>Dypning</i>	Dypning er en anden metode til påføring af maling. Her sænkes emnet ned i et bad indeholdende maling. Anlæggene er oftest automatiske og dypningen foregår enten kontinuerligt eller batchvist. Ved dypning er det vanskeligt at opnå ensartet lagtykkelse og fraløb fra skarpe kanter og udstansninger forekommer altid. Dypning anvendes derfor fortrinsvis til grundmalinger eller til masseproduktion af mindre emner, hvor der stilles mindre krav til finish. Dypning har kun moderat udbredelse.
<i>Elektrodypmaling</i>	En nyere variant af dypning er elektrodypmaling, som fortrinsvis bruges til korrosionsbeskyttende grundmaling af metalvarer. Der anvendes vandig maling med lavt tørstofindhold og jævnstrøm til elektrostatisk opladning og udfældning på metallet.
<i>Valsning</i>	Desuden kan malebehandling foregå ved valsning, hvor der sker en pårulning af maling på "endeløse" metalbånd, med en båndbrede på mellem 25 mm og 1500 mm. Anlæg til valsepåføring af maling opbygges normalt således at anlæget udfører alle processer fra afrulning af råbånd til genoprulning af færdigmalede bånd. Anlæggene integrerer således afrulning af bånd, kemisk forbehandling, mellemtørring, pårulning af maling, tørring og varmhærdning, køling og genoprulning. Anlæggene er forbundet med høje investeringer og teknologien har kun forholdsvis lille udbredelse i Danmark.
<i>Pulvermaling</i>	<p>Pulvermaling påføres i Danmark oftest ved elektrostatisk opladning af pulveret, som så påføres ved sprøjtning af det jordede emne (jordforbindelsen bevirker, at pulveret, der er modsat elektrisk ladet, søger at sætte sig på emnet). Dette sker i en sprøjteboks enten manuelt eller automatisk. Det pulver, som ikke vedhæftes emnet, samles op og kan for langt størstedelen genbruges.</p> <p>Den fremkomne overflade af malebehandlingen vil være afhængig af påføringsmetode og valg af malingstype. Principielt er det muligt at finde alle typer processer indenfor alle produktkategorier, hvor de ligeledes kan være kombineret med alle mulige forskellige forbehandlingsmetoder afhængig af produkternes størrelse, udformning, krav til overfladebehandling, seriestørrelse etc.</p>

#### **2.4.2 Tørring/hærdning**

Størsteparten af maleprocesserne afsluttes med en efterfølgende tørring/hærdning i ovn. De mest udbredte typer af ovne er konvektionsovne, IR-

ovne (IR=infrarød) eller kombinationer af disse. Valget af ovntype foretages i henhold til emneudformning, malingstype, pladsforhold og den øvrige del af produktionsanlægget.

#### *Konvektionsovne*

I konvektionsovne tørres og hærdes malinger ved hjælp af strømmende varm luft i lukkede eller åbne ovne. Luftpvarmningen sker ved enten elektricitet, hedvand, damp, eller opvarmet olie, der får energien fra kul-, gas- eller oliefyr. Konvektionsovne opdeles normalt i følgende to typer:

1. Varmeoverføring med lave lufthastigheder 0,5-10 m/sek, og temperaturer fra 30° C til 250° C (omfatter kammer- og tunnelovne, plantørreovne).
2. Varmeoverføring med høje lufthastigheder, 15-35 m/sek, og temperaturer fra 45° C til 250° C (omfatter dysetørreovne).

Ovntemperaturen er meget varierende afhængigt af malingstypen og har afgørende betydning for tørre/hærde-tiden. Konvektionstørring er den mest benyttede metode til termohærdende malinger, og den er samtidig den mest fleksible overfor varierende emneformer.

#### *IR-ovne*

I IR-ovne fremmes tørre/hærde-processerne ved at udsende infrarød stråling, hvoraf en del absorberes i malingoverfladen. Her omdannes strålingen til varmeenergi, hvorved tørring og hærkning foregår. IR-ovne egner sig fortrinsvis til mindre og plane emner, hvorimod større emner normalt kombineres med konvektionstørring. Fordelene ved IR-ovnene frem for konvektionsovnene er især meget korte tørretider, stor virkningsgrad (mere effektiv varmeoverførsel) og kortere efterkølingstid.



## 3 Miljørelationer og renere teknologi

### 3.1 Forbehandling

I forbehandling fokuseres der mest på emissioner til luft, spildevand, affald og energiforbrug. Ved forbehandling med trichlor er den altdominerende miljøbelastning tabet til omgivelserne, som typisk vil være 75-90%, afhængigt af driftsforholdene. Hvis der installeres kulfiltrering, kan op til 90% af opløsningsmidlerne regenereres fra luftafkastet.

#### *Substitution af trichlor*

Chlorerede opløsningsmidler kan i mange tilfælde erstattes med mere miljøvenlige vandige affedtningsmidler, hvilket også finder sted i dag i stor udstrækning. Overgang fra chlorerede midler til vandige kræver imidlertid helt nye og oftest mere komplekse anlæg. Samtidig bevæger man sig fra en veldefineret renseeffekt til et bredt spektrum af anlæg, der kan præstere meget varierende renhedsgrader. Har virksomheden forskellige produkter med forskellige krav til renheden, vil en total substitution med vandige affedtning ofte resultere i, at en virksomhed skal installere flere forskellige anlæg (Miljøstyrelsen 1991). Som følge heraf skiller man sig ofte ikke af med trichloranlæggene, men gemmer dem og bruger dem til særligt krævende opgaver (oplyst af Marianne Rachlitz 1994).

Ved vandig affedtning er energiforbruget som regel højere, da badene i reglen er opvarmede. Ved malebehandling er det endvidere nødvendigt efterfølgende at tørre emnerne. Energiforbruget kan mindskes ved f.eks. at anvende tensider som er aktive ved lavere temperaturer og ved f.eks. mekanisk afblæsning af emnerne før tørringen.

#### *Flydende affald*

Flydende affald forekommer i form af brugte procesbade som indeholder afrensede bearbejdningsmidler (olie/fedt) fra affedtning, fosfater, tensider og silikater. De brugte procesbade sendes til destruktion eller i nogle tilfælde til oparbejdning. Badenes levetid kan forlænges ved så vidt muligt at mindske forureningen af emnerne med forarbejdningsmidler. Det skal bemærkes at bade til trichloraffedtning ikke forurenes i samme grad som de alkaliske affedtere, og da trichloren samtidig kan opsamles og bruges igen reduceres affaldsmængden og spildevandsproblemerne. De alkaliske bades levetid kan også forlænges ved at oprense for olie/fedt-indhold ved kontinuert ultrafiltrering, en teknik som er velkendt især i Tyskland (Miljøstyrelsen 1992b). Olien kan aftappes i koncentreret form og afbrændes.

#### *Biologisk affedtning*

Biologisk affedtning er en ekstra renseproces, som kan anvendes sammen med alkalisk affedtning for at nedsætte mængden af olie og fedt i rensevæsken. Bakterierne, som findes i rensevæsken, så at sige "spiser" olie/fedt-belægningen på emnernes overflade under dannelse af vand og kuldioxid. Herved forlænges de alkaliske bades levetid og spildevandsmængden reduceres. Bakteriernes effektivitet afhænger imidlertid af karakteren og toksiciteten af de olie/fedtbelægninger der findes på emnerne. Biologisk affedtning har endnu kun lille udbredelse.

### *Glykolipider*

Der arbejdes ligeledes, bl.a. på Novo Nordisk, med mere effektive overfladeaktive stoffer (glykolipider). Disse forventes at kunne fungere ved lavere temperaturer, og effektiviteten er ikke afhængigt af et stærkt basisk miljø. Fordelen herved er at undgå trichloraffedtning og højalkalisk affedtning, som også er problematiske i fht. arbejdsmiljøet. Glykolipidet er endvidere meget let nedbrydeligt og skal kun anvendes i meget små koncentrationer. På grund af de lavere krav til temperaturen reduceres energiforbruget. Metoden er dog stadig på forsøgsstadiet, hvorfor det er vanskeligt at vurdere effekten (oplyst af Otto Andresen 1994). Novo-Nordisk har dog stoppet forsøgene i efteråret 1994.

### *Spildevand*

Spildevand forekommer fra de forskellige skylletrin mellem og efter behandlingsprocesserne. Vandet indeholder således små mængder af de i processerne indgående behandlingsmidler og forureningskomponenter, ved affedtning hovedsagelig fosfater, tensider, silikater og olie/fedt. Miljøbelastningen er stærkt varierende og afhænger af både midler, anlægsopbygning, emnernes udformning og forurening med bearbejdningsmidler og oxider.

Generelt kan der ved de fleste galvanoidustrier spares vand, idet vandforbruget generelt har været højere, end det var teknisk påkrævet, da vandpriserne generelt har været lave (Christensen, Per 1993).

### *Vandbesparende skylleteknikker*

Vandforbruget og dermed mængden af produceret spildevand kan reduceres ved brug af f.eks. spray-skyl eller modstrømsskyl. Der vil i princippet kunne opnås samme skylleeffekt ved anvendelse af 10 l vand i tre-trins modstrømsskyl som ved anvendelse af 1000 l vand i ét-trins skyl.

Formålet med at forbedre skylleteknikken er at mindske forbruget af råstoffet vandværksvand. Blandt de forbedrede skylleteknikker vil følgende kort blive beskrevet:

- Sprayskyl
- Flertrinsskyl (sparskyl)
- Modstrømsskyl

Sprayskyl består i at skylle emnerne over proceskarrene vha. af et bruseranlæg. Det anvendes i galvanoidustrien ved varme procesbade, hvor fordampningen er stor, så der ikke sker en fortynding af badet.

Ved sparskylning eller flertrinsskylning anvendes flere skyllekar efter hinanden. Skyllekarrene er ikke indbyrdes forbundet. De tilføres frisk vand og har separate overløb. Fordelen er, at udslibet af procesbad til det sidste skyllekar er meget lille. Ved en modstrømsskylning anvendes samme opstilling, men i modsætning til et sparskyl, er det kun det sidste af karrene, der får tilført frisk vand. Idet karrene er indbyrdes forbundet, overføres vand fra det sidste kar til det første. Herfra løber det enten over i procesbadet, især hvis dette har en stor fordampning (f.eks. ved forchromning), eller det aftappes.

Udover disse tekniske tiltag har også almindelig omhu betydning for vandforbruget.

### *Vandbesparelser udbredt i galvanobranschen*

13 ud af 14 undersøgte galvanovirksomheder i det nordlige Jylland har lavet vandbesparelser, (Christensen 1993). Det er i dag helt normalt ved etablering af nye virksomheder at installere vandbesparende skylleteknikker. Problemerne med sparskyl og modstrømskyl opstår, når ældre virksomheder i byerne skal finde plads til de ekstra kar.

Miljøbelastningen fra mekanisk forbehandling forekommer især i form af støv og støj og har således betydning for arbejdsmiljøet. Blæsemidlerne kan enten være éngangsblæsemidler eller opsamles og genbruges, afhængig af blæsemidlerne og anlæggets udformning.

## **3.2 Galvanisering**

Renere teknologi i galvanobranschen har tidligere været beskrevet meget grundigt. Vi vil derfor i det følgende kun give en kort oversigt og ellers henvise til Brancheorientering for galvanoidustrien, Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 6 1993, som udførligt redegør for renere teknologi i galvanoidustrien.

### *Spildevandsproblemer*

Ser man bort fra selve produktet, opstår miljøbelastningen fra galvanoidustrien hovedsageligt i form af tungmetaller og cyanid i spildevandet. Spildevandet kommer fra skyllekarene og fra spild og sprøjt på gulvet. 'Løsningen' af dette miljøproblem har normalt været en virksomhedsintern rensning af vandet, inden det løber i kloakken.

### *Luftforurening*

Luftforureningen fra galvanoidustrien er mindre betydende for det eksterne miljø. Derimod kan luftforureningen have betydning for arbejdsmiljøet - dels med hensyn til cyanid og dels med hensyn til tungmetaller. For at mindske arbejdsmiljøproblemerne etableres udsugning over procesbadene. Dette anvendes især ved varme bade, hvor dråbeflugten er størst.

### *Udtjente bade*

Et andet miljøproblem udgør udtjente procesbade. Dette problem løses traditionelt ved, at man efter opkoncentrering sender badene til Kommune Kemi. Problemet er sandsynligvis voksende.

### *Energiforbrug*

Udover disse direkte emissioner opstår indirekte miljøbelastning i form af et betydeligt energiforbrug til de elektrolytiske processer.

Der findes desværre ingen nye opgørelser eller skøn over branchens samlede eller gennemsnitlige miljøbelastning.

### *Stor indsats mod tungmetaller i spildevandet*

Miljøindsatsen har i galvanobranschen tidligere næsten udelukkende været rettet mod spildevandet. Dels mod at fjerne tungmetallerne i spildevand, og dels mod selve spildevandsmængden, altså vandforbruget. Kun i begrænset omfang har man fokuseret på afdampning med konsekvenser for arbejdsmiljø og luftforurening, energiforbrug og affaldsproblemerne.

Årsagen til dette fokus kan måske være, at det er kommunerne, der fastsætter vilkårene og fører tilsynet i kapitel-5-godkendelserne/spildevandstilladelserne, samtidig med at det er kommunerne, der får problemerne, hvis tungmetalindholdet i slammet fra de kommunale renseanlæg bliver for stort i forhold til 'slambekendtgørelsen'. Kommunerne har derved en

### *Konvertering fra spildevandsproblem til affaldsproblem*

meget god grund til at være opmærksom på tungmetalproblemerne, da det kan betyde, at slammet ikke kan afhændes til landbrugsformål, men i stedet skal deponeres eller i sjældne tilfælde sendes til Kommunekemi. De tungmetaller, der tidligere løb ud med spildevandet bliver nu tilbageholdt i ionbyttere og slam og badene, indtil de må kasseres. De fleste virksomheder har ikke det nødvendige anlæg til at genvinde metallerne fra disse opkoncentrede bade. Spildevandsproblemet er med andre ord blevet konverteret til et affaldsproblem.

### *Recirkulering*

En mulig løsning af en del af affaldsproblemet er at opsamle og genanvende vandet og metallet internt på virksomheden, ved (evt. kontinuert) at oprense badene, så det ikke er nødvendigt at sende dem til Kommunekemi eller ud med spildevandet. Teknisk set kan det lade sig gøre ved flere principper, heriblandt

- ionbytning
- membranseparation

### *Ionbytning*

Formålet ved ionbytning er at få opløste metalioner fjernet fra vandet. Det sker ved, at vandet langsomt gennemløber ionbyttermassen. Her byttes de skadelig tungmetalioner ud med uskadelige ioner f.eks. brintioner. Når ionbytterens maksimale kapacitet er udnyttet, må den regenereres, idet de ioner, der er blevet bundet i ionbyttermassen, må fjernes og erstattes med de oprindelige, uskadelige ioner. Man får herved som affaldsprodukt (eluat) en koncentreret opløsning af den fra spildevandet fjernede ion.

Ionbytning giver en god rensning, men fordrer en stor investering i forhold til fældningsanlæg. Næsten halvdelen af de 14 undersøgte virksomheder i det nordlige Jylland havde installeret ionbytning som alternativ eller supplement til renseanlæg, for at fjerne tungmetaller fra spildevandet.

### *Membranseparation*

Membranseparation kan foregå på flere forskellige måder: electrodialyse, omvendt osmose eller ultrafiltrering. Afhængigt af, hvad der skal separeres og hvor store partiklerne er, vælges en af metoderne. Fælles for metoderne er, at der sker en opkoncentrering på den ene side af en semipermeabel væg. Membranseparation er en yderst effektiv, men også kostbar metode. Der er to fordyrende problemer ved membranfiltreringen. Det ene er filtrets begrænsede levetid, det andet er, at processen er temmelig energikrævende. Derfor bedømmes f.eks. ultrafiltrering af alkalisk affedter til at være en midlertidig løsning, som på længere sigt vil blive erstattet af kemisk/biokemiske systemløsninger, som integrerer løsning af affaldsproblemer med adskillelse af vand og olie (oplyst af Per Møller 1994).

### *Metalgenbrug kræver store investeringer*

Bedst ville det være, hvis der for hver enkelt procesbad var rensning og recirkulering. Herved ville man opnå, at spildproduktet (eluatet) fra f.eks. ionbytter eller membranfiltrering var ublandet og ville kunne genbruges direkte. For at kunne genbruge eluatet er det nemlig nødvendigt at udfælde de rene metaller. Eftersom de fleste af selv de mindre galvanisører råder over flere galvaniske processer vil det være nødvendigt med en parallel opstilling af genvindingsanlæg for hver proceslinje. En sådan løsning er imidlertid meget investeringskrævende, hvorfor det vil være svært for de

mindste galvanisører at etablere denne løsning selv. Her kunne det være en løsning, at flere gik sammen om oparbejdningen af eluatet.

#### *Centralt regenereringsanlæg*

Derfor er branchen i dag ivrig efter at få en centralt genvindingscentral op at stå. På centralen skal tungmetallerne fra galvanoidindustriens og fra andre industrier med lignende affaldsproblemer (f.eks. kabelskrot) genvindes. I Brancheforeningen er man ikke i tvivl om, at en sådan central er en realitet inden årtusindskiftet.

#### *Galvanomaskiner*

De såkaldte lukkede galvanomaskiner, hvor alle processer inklusive modstrømsskyl og recirkulation er integreret i én fuldautomatisk maskine er eksempler på optimalt recirkulering og er blevet nævnt som en løsning på affaldsproblemerne. Problemet er bare, at maskiner der arbejder efter dette princip, er skræddersyede til én proces og én emnekategori. Da maskinerne samtidig fordrer betydelige investeringer, er det klart, at det ikke er en løsning for de mindre løngalvanisører.

#### *Rensning*

Trods anvendelse af recirkulering vil der oftest være tale om et vandforbrug og dermed en spildevandsproduktion. På grund af spildevandets indhold af forurende stoffer, er det nødvendigt at rense galvanoidindustriens spildevand. Udover de før nævnte rensemetoder, ionbytning og membranfiltrering anvendes flere forskellige teknikker:

- oxidation af cyanider
- reduktion af chromater
- neutralisation og fældning

#### *Oxidation af cyanider*

Ved cyanforzinkning udslibes udover zink også cyanid fra badet, og det betyder, at der ofte sker en separat behandling af spildevandet, indtil det er 'afgiftet' for cyanider. Ved alkalisk spildevand med cyanider kan cyaniden fjernes ved oxidation. Derved omdannes den først til cyanat som derefter oxideres videre til kvælstof og kuldioxid. Oxidationsmidler er natriumhypochlorit, chlorkalk eller chlor på gasform.

#### *Reduktion af chromater*

Glanschrombadets chromindhold består af hexavalent chrom Cr(VI), der er giftigt og kræftfremkaldende. Derfor vil der normalt være en separat spildevandsbehandling, hvor chromen reduceres til trivalent chrom (chrom-III) inden tilledning til virksomhedens spildevandsrenseanlæg. Reduktionsmidlerne er natriumbisulfit, svovldioxid eller jern(II)-salte.

#### *Neutralisation og fældning*

Ved at ændre pH ændres opløsligheden for de opløste tungmetaller. Til sættes natriumhydroxid øges pH, hvorved ligevægtsligningerne med de opløste tungmetalationer forskydes, så der sker en udfældning. Der er dog i visse tilfælde problemer med de gennem additiver tilførte kompleksdannere, som binder metalationer så hårdt, at de ikke udfældes.

Når der ved en af de ovenstående principper er sket en tilbageholdelse og opkoncentrering af forureningskomponenter, kan spildevandet udledes, mens koncentratet afvandes så meget som muligt, for at mindske transport- og deponeringudgifterne. Til afvandingen anvendes ofte en kammerfilterpresse. En anden mulighed er en sibandspresse eller inddampning.

I langt de fleste kommuner, har der i nogle år været krav om at rense spildevandet, inden det udledes. Derfor er renseanlæg i dag udbredt. Spildevandskravene fastsættes decentralt af kommunerne, således at kravene tager hensyn til recipienten. Rensekravene kan derfor variere fra kommune til kommune.

Resultatet af spildevandsrensningen er som sagt, at der opstår en stor mængde spildprodukter, som skal sendes til Kommunekemi. Problemerne er altså ikke blevet fjernet; de er blot flyttet. En anden uheldig effekt af de udbyggede renseanlæg kan være, at den allerede foretagende miljøinvestering virker hæmmende på investeringslysten i renere teknologi, idet det for virksomheden kan opfattes som en fordyrende dobbeltinstallation.

### **3.3 Varmforzinkning**

Miljørelationerne ved varmforzinkning i fremstillingsfasen knytter sig især til to emissionsveje: luftforurening fra zinksmelten og saltsyrebejdsen samt frembringelse af kemikalieaffald. Kun i mindre omfang og aftagende grad spiller spildevandsproduktion en rolle.

Luftforureningen fra zinksmelten stammer fra den voldsomme røgudvikling ved neddykning af emnerne. Pga. den kraftige røg er det nødvendigt med en luftudskiftning på 20.000 - 40.000 m<sup>3</sup> pr. ton produceret gods. En del af emissionen kan føres tilbage til de anvendte flusmidler som dækker emneoverfladen. Dette overslæb er på 3-4 kg pr. ton produceret gods.

Luftforureningen medfører i dag ikke så store arbejdsmiljøgener som tidligere, idet de fleste varmforzinkere efterhånden har afskærmet eller indkapslet zinkgryden og opført skorsten. En indkapsling giver den mest effektive udsugning af røgen fordi det volumen der fyldes med røg er mere begrænset. Derved kan sugebehovet og dermed også ventilationsudgifter også nedsættes. En indkapsling kræver dog forholdsvis dybe gryder og god loftshøjde.

Emissionen fra zinksmelten består af hovedsageligt støv. Støvet indeholder groft sagt ammoniumchlorid samt uorganiske zinkforbindelser. Zink udgør i alt 20-35 % af støvet. Støvemissionen er meget afhængig af forbruget af flusmidler. Tyske undersøgelser viser, at støvemmissionen er ca. 0,2 kg. pr ton gods ved et flusmiddelforbrug på 2 kg pr. ton. Fordobles flusmiddelforbruget til 4 kg. pr. ton, så stiger støvemissionen til hele 1,2 kg pr ton produceret gods. Udover støv indeholder røgen også gasserne chlorbrinte og ammoniak.

Målinger på luftafkastet fra zinksmelten har et højt indhold af støv, zink og chlorbrinte (henholdsvis 10-100mg/m<sup>3</sup>, 2-20 mg/m<sup>3</sup> og 1-2 mg/m<sup>3</sup>). Der er desuden mulighed for, at luften indeholder bly, da bly af produktionstekniske årsager udgør ca. 1 % af zinksmelten, men blyindholdet er ikke undersøgt ved målinger. Med et sådan indhold stiller Luftvejledningen krav om rensning af afkastet ellers kan grænseværdierne ikke overholdes.

### *Zink i overfladevand*

Overfladevandet ved virksomheder med varmforzinkning indeholder i flere tilfælde zink i et sådan omfang (2-20 mg/l), at det er nødvendigt at rense det, før udledning til det kommunale kloaknet eller recipient. Hvordan zinken havner i overfladevandet er ikke helt klart. Men det kan hængesammen med korrodering af forzinkede emner, som står oplagret udendørs ved virksomheden. Det kan også skyldes zinkstøv enten fra ventilationen eller fra produktionshallen i form af gulvspild som sætter sig på truckdæk o.l.

### *Affald*

Affaldsproduktionen i forbindelse med varmforzinkning er pr. ton produceret gods anslået til at udgøre:

- 15-50 kg affaldssyre
- 1-4 kg flusaffald
- 1-2 kg. kasseret affedterbad

Dertil forekommer to slags restprodukter: hårdzink ("grødklumper", der opstår ved reaktioner mellem flydende zink og overslæbt jern) og zinkaske, som skummes af smeltens overflade. Mængden af disse restprodukter pr. ton produceret gods er typisk 3-10 kg hårdzink og 15-25 kg zinkaske. Restprodukterne sendes til Norge til oparbejdning (Miljøstyrelsen 1993c)

### *Ressourceforbrug*

Udover disse emissioner medfører varmforzinkning også miljørelationer i form af forbrug af ressourcer i et omfang, der i høj grad afhænger af de specifikke produktionsforhold. Med dette forbehold in mente angiver brancheorienteringen følgende retningsgivende forbrugstal pr. ton produceret gods:

zinkforbrug:	70-100 kg
30 % saltsyre:	20-40 kg
flusmiddel:	1-2 kg
total energi:	300-900 kWh

Renere teknologi har bla. fokuseret på at undgå den store affaldsmængde fra bejdsebade pga. forurening med flusbade. Ved hjælp af ultrafiltrering som nævnt i afsnit 3.2.1 kan flusbadet ved kontinuerlig rensning holdes rent, hvorved levetiden forlænges.

I Danmark er renere teknologi hidtil kun indført i begrænset omfang først og fremmest ud fra tekniske og økonomiske overvejelser. Et eksempel er lukningen af spildevandsstrømmen. Tidligere var det almindeligt at skylle emnerne efter bejdningen. Da kommunerne efterhånden begyndte at stille krav om begrænsning af tungmetaludledningerne, droppede de fleste virksomheder denne proces for at undgå at skulle investere i rensningsanlæg. Dermed blev spildevandsproblemet lavet om til et affaldsproblem, fordi de uskyllede emner hurtigere forurenede flusbadet, hvilket igen betød større ressourceforbrug og større affaldsfrembringelse. Selvom det har vist sig at være en god forretning selv at oprense og genvinde flusbade, har kun enkelte virksomheder indført denne form for renere teknologi.

### *Genvinding af flusbade mulig*

Renere teknologi indsatsen har hovedsageligt været rettet mod at mindske affaldsfrembringelsen og lukke spildevandsstrømmen, hvilket også afspejles i brancheorienteringens målsætning, som siger:

- et genvindingssystem til flusbade og brugt aftrækkesyre bør etableres på store og middelstore danske virksomheder. Alternativt kan et genvindingssystem efter samme princip som for flusbade kobles på et lukket skyllevandssystem efter bejdsning
- vand fra vandkølebade bør genanvendes og affald fra badene sendes til genvinding for zink
- zinkholdigt støv og størknede zinkklatter bør genanvendes i smelten

Der kendes derimod ingen simple produktionsomlægninger, der på afgørende vis kan reducere luftemissionen af skadelige stoffer fra zinksmelten og dermed overflødigøre rørgrensning. Luftrensning vil fortsat være nødvendigt.

### **3.4 Malebehandling**

Den eksterne miljøbelastning fra malebehandlingsprocesserne er fortrinsvis emission af opløsningsmidler, spildevand, affald samt et stort ressourceforbrug i form af vand og energi.

#### **3.4.1 Påføring af maling**

Miljøbelastningen fra malebehandling består hovedsagelig af emission af opløsningsmidler, støv fra pulverbemaling, samt slam fra sprøjtestøv som spild i fast og flydende form fra påføringsprocesser. Derudover er der stort forbrug af energi til luftudskiftning, filtrering, opvarmning og regulering af luftfugtighed. Malerarbejde sker under forbrug af store mængder luft. Koncentrationen af opløsningsmidler i luftafkastet er typisk 100-300 mg/m<sup>3</sup> hvorfor en virksomhed typisk vil have et forbrug af luft på mellem 10.000 til 100.000 m<sup>3</sup>/time (Miljøstyrelsen 1990a).

Den mest udbredte behandling er påføring af vådmaling med sprøjte. Udnyttelsesgraden er meget svingende men typisk omkring 75%, og er væsentligt afhængigt af emnets udformning og det tekniske udstyr (Miljøstyrelsen 1982).

Indenfor branchen har man mest fokuseret på minimering af spild gennem automatisering og optimering af påføringsteknik. Ligeledes er der en generel bevægelse (også så småt på internationalt plan) mod reducere af emissionen af opløsningsmidler ved bl.a. anvendelse af andre typer maling med mindre indhold af opløsningsmidler, specielt high solids, vandige og pulverbemaling.

I 1988 blev forbruget af maling i jernindustrien anslået en fordeling på konventionelle, vandfortyndbare maling og pulverbemaling på hhv. 70, 10 og 20% (Miljøstyrelsen 1990a). De såkaldte konventionelle maleprodukter har typisk et indhold af opløsningsmidler på ca. 55 vægt% ved påføring, som fordamper næsten fuldstændig gennem tørring og hærdning. Emissio-



nen af opløsningsmidler ved brug af konventionel maling kan være op til 100g/m<sup>2</sup>.

#### *High solids*

I high solids maling er opløsningsmiddelindholdet reduceret til maksimalt 35 vægt%, ved at anvende andre typer af bindemidler. Herved kan der opnås en reduktion af emissionen af opløsningsmidler på op til 50-60%. Indenfor high solids malinger er det de to-komponente malinger som vinder frem (epoxy og polyuretan).

#### *Vandige maleprodukter*

Vandige maleprodukter er malinger, hvor vand bruges som opløsningsmiddel og derved udgør mere end 80% af den fordampende del. Indholdet af opløsningsmidler er således reduceret til ca. 10 vægt% og emissionen kan derved reduceres med 80-90% i forhold til konventionel maling. Det kniber imidlertid med at opnå den ønskede korrosionsbeskyttende effekt i mere aggressive miljøer, og overfladens hårdhed og vejrbestandighed er endnu ikke fuldt på højde med de konventionelle malinger. For at forbedre vandige malingers egenskaber vil man i fremtiden sandsynligvis arbejde mere med epoxy og polyuretan som bindemidler (Oplyst af Niels Lund Jensen 1994).

#### *Pulvermaling*

I pulvermaling er opløsningsmiddelindholdet reduceret til under 1%, og da hærdningen først sker ved en efterfølgende varmebehandling er spild let at opsamle og genbruge. Pulvermaling er imidlertid svært at påføre i tynde og jævne lag og kan give chattering i kuløren. Pulvermaling anvendes fortrinsvis til mindre emner, og da malingen er termohærdende er den mest oplagt til brug på emner med forholdsvis lille godstykkelse.

De vandige malinger stille store krav til klimaforholdene under påføring, tørring og hærdning. Hvis ikke luftens temperatur og fugtighed styres nøje kan malingen begynde at løbe eller ved for hurtig tørring danne ujævnheder i overfladen. Sædvanligvis har man anvendt samme malings-type ved påføring af et flerlags malingsystem. Der er dog en udvikling i retning af at kombinere malingstyper, for derved at formindske miljøbelastningen og samtidig opnå forskellige tekniske fordele.

#### *Øgede krav*

Generelt kan det siges at de såkaldte miljøvenlige malinger stiller større krav til emnets renhed og overfladens affinitet, de er generelt mere besværlige at arbejde med og ligeledes stilles der større krav til de efterfølgende 'tørre/hærde-miljø' (se i øvrigt Miljøprojekt nr. 126 fra Miljøstyrelsen). Samtidig er de mere miljøvenlige maleprodukter generelt dyrere i anskaffelse end de konventionelle, da disse endnu forhandles i mindre mængder.

#### *Tungmetaller*

Farvepigmenterne har tidligere i større udstrækning været baseret på tungmetaller som f.eks. bly og chrom. Disse erstattes imidlertid i højere grad af organiske pigmenter i moderne maleprodukter (Miljøstyrelsen 1990a).

Forbruget af maling afhænger generelt af malingstype og kravene til produktet. Til eksempel er levetiden for korrosionsbeskyttelsen generelt stigende med lagtykkelsen og med antallet af påførte lag.

#### *Spildminimering*

Med hensyn til påføringsteknik er målet her så vidt muligt at undgå spild og samtidig sikre en jævn og teknisk set tilfredsstillende mængde maling.

For at reducere spild i form af forbisprøjtning har man få steder introduceret computerregistrering af emnernes form som derefter bruges til styring af en malerrobot til påføring af maling. En anden mulighed er elektrostatisk opladning, hvor materialeudnyttelsen kan øges til 90% eller mere (Miljøstyrelsen 1992b). Der eksperimenteres ligeledes med ultrafiltrering af vandet i sprøjteboksen, hvorved vandfortyndbare malinger kan genvindes og spildet derved mindskes.

#### *Emnets størrelse*

Disse typer af renere teknologier retter sig oftest mod mindre emnetyper. De større emner er sværere at håndtere, og det er dermed sværere at reducere spild. I den del af den grovere industri hvor der stilles større krav til overfladebehandlingen, er det desuden svært at ændre teknologi, f.eks. til vandfortyndbare malinger. Der stilles meget højere krav til påføring og den efterfølgende tørring og hærkning end med de konventionelle malinger hvilket gør arbejdet meget mere kompliceret og kræver nøjere styring.

Opsamling og regenerering af opløsningsmidler samt filtrering og efterforbrænding er teknologier, som ikke anvendes i stor udstrækning. Efterforbrænding er meget omkostningstung og kræver automation, idet luftmængderne til ventilation skal nedsættes for at give en økonomisk rentabel produktion.

#### *Pulvermalinger*

Påføring af pulvermalinger sker ved elektrostatisk opladning i en kabine, hvor forbisprøjtet pulver opsamles og genanvendes. Udsugning og kabinens konstruktion skal hindre, at pulveret ikke trænger ud i arbejdslokalet. Udsugningen forårsager emission af støv til omgivelserne. Ved pulversprøjtning kan op til 98% af pulvermængden anvendes (dog typisk 90-95% pga. spild ved kulørskift), idet forbisprøjt kan genanvendes. Pulverforbruget/spildet er således afhængig af seriestørrelsen og en velfungerende genvinding af pulveret. På grund af den forholdsvis lille spildprocent, og i og med at pulvermaling ikke indeholder organiske opløsningsmidler, anses pulvermaling for at være mindre belastende for både ydre miljø og arbejdsmiljø end våde malinger.

Pulvermalinger bliver mere og mere udbredt og anvendes fortrinsvis til større serier af produkter. Pulvermaling er et meget mere stift anlæg hvor behandling er mere ufleksibel og det tager tid at omstille til nye kulører. Omstilling til pulvermalinger kræver desuden store anlægsinvesteringer.

#### *Miljøbelastning mindskes lettest ved ensartet produktion*

Generelt gælder det for de fleste af disse tiltag, fuldautomatisering nye anlæg etc. at de forøger anlægsomkostningerne og forbruget af energi. Samtidig kan det reducere fleksibiliteten, idet anlæggene ofte tilpasses nøjere til konkrete produkttyper og bliver mere besværlige at omstille til nye produkter, farver, behandlingstyper etc. Det er med andre ord lettere at begrænse miljøbelastningen jo mere ensartet produktionen er. Anlæggene skal desuden ofte passe ind i en produktionssammenhæng og skal derfor køre uanset mængden af emner.

#### **3.4.2 Tørring/hærkning**

Miljøbelastningen fra tørring/hærkning er emission af opløsningsmidler samt et stort energiforbrug. Emissionen kan være både vand og organiske

opløsningsmidler afhængig af malingstype. Mængden af afdampede opløsningsmidler afhænger ligeledes af typen af anvendte malinger. Opløsningsmiddelmængder udgør dog sjældent mere end 15% af det oprindelige indhold, når emnet placeres i ovnen. Det er derfor kun i visse tilfælde muligt at genvinde opløsningsmiddeldampene, pga. den ringe koncentration (Miljøstyrelsen 1992b). Varmegenvinding fra tørre-/hærdeovne er teknisk muligt og kan oftest etableres med fordel (Miljøstyrelsen 1992b).

### 3.5 Branchen set i et livscyklusperspektiv

Indtil videre er der kun blevet fokuseret på miljørelationer i forbindelse med selve produktionsfasen. Ser man derimod på overfladebehandling i et livscyklusperspektiv stilles miljøproblemerne i et andet lys. Her vil kvaliteten af overfladebehandlingen spille en større rolle, idet produktets levetid kan være stærkt afhængig heraf. Det er nødvendigt at se på betydningen af en forøget miljøbelastning ved grundigere overfladebehandling i forhold til en opnået længere anvendelsestid af produktet og derved lavere forbrug af produkter.

#### *Produktets levetid*

Varmforzinkning af stål vil, i forhold til ingen overfladebehandling, meget effektivt forhindre en korrosion af emnet og derved forlænge produktets levetid. Korrosionsbeskyttelsen fungerer imidlertid ved at zink korroderes i stedet for stålet, hvorved der spredes tungmetaller i omgivelserne. Og hvad er så miljømæssigt set mest forsvarligt?

#### *Genanvendelsesfasen*

Det er ligeledes problematisk at genbruge forzinkede produkter, idet zink ved omsmeltningen damper af fra badet. I luften krystalliserer zink til støv, som kan udgøre et arbejdsmiljøproblem. Produkter som er overfladebehandlede med chrom og nikkel er derimod velegnede til genbrug, idet metallerne fint legerer med jern.

Overfladebehandling med maleprodukter volder på lignende måde problemer, idet man ved omsmeltning af skrot står med tonsvis af brugt ubrugelig maling.

#### *Materiale-substitution*

Livscyklusperspektivet leder også fokus ind på substitution af metaller med f.eks. plast og kompositmaterialer. Hvilke konsekvenser det får for valg af materiale og overfladeteknologi er endnu meget uafklaret. Alle de eksperter, vi har talt med, har således uopfordret bragt talen ind på, at netop i et livscyklusperspektiv bør man foretrække netop den teknologi, de arbejder med. Indenfor plastbranchen fremhæves det, at plast fremstilles af restprodukter fra benzinframstilling og at produkterne kan genanvendes ved afbrænding, hvorved energien frigives. Aluminium derimod, siges at vinde på de gode recyklingsegenskaber og den lave vægt, som minimerer transportudgifterne. Aluminium kræver imidlertid ca. 5 gange mere energi at udvinde som råstof end jern (alt afhængig af opførelsesmetoden) (O2 Danmark, 1993).

Som det fremgår er det ikke muligt bredt at vurdere og sammenligne de enkelte overfladeteknologier i et livscyklusperspektiv. Det må afhænge af den konkrete anvendelse. Se iøvrigt afsnit 4.2.

## 4 Branchens struktur og konkurrenceforhold

### 4.1 Konkurrenceforhold indenfor branchen

#### *Galvano*

Løngalvanisørerne har det generelt sværest pga. høje krav til fleksibilitet og lave priser i forhold til virksomhedsgalvanisørerne som har faste leverancer og produkttyper. I Jylland er konkurrencen hårdest og her ligger også de største virksomheder, som med stordriftsfordele kan presse prisen længere ned. Det vurderes, at det i dag er billigere at få galvaniseret emner i Jylland end på Sjælland. Det anslås at el-forzinkning i Vestjylland koster ca. 25 kr. pr. m<sup>2</sup> (oplyst af Jan Stelmaszczyk 1994).

#### *Hård konkurrence*

#### *Samarbejde mellem virksomheder*

Ved en undersøgelse af ialt 14 galvanovirksomheder i det nordlige Jylland (Christensen 1993) har det vist sig, at man generelt holder kortene tæt til kroppen. Således tilkendegav kun 3 af de 14 virksomheder at de havde et godt og åbent forhold til deres kolleger. Dette billede af en branche uden tætte bånd mellem virksomhederne, modsiges i dag direkte af brancheforeningens formand, som mener der i dag er et tæt samarbejde mellem galvanisører. Flere virksomheder giver således deres ordre videre til en anden virksomhed, hvis man ikke selv kan udføre opgaven.

#### *Færre galvanisører*

Det ventes ligeledes, at dette samarbejde på længere sigt vil intensiveres og der vil ske fusioner, så antallet af galvanisører ventes at falde, samtidig med at de enkelte bliver større (oplyst af Jan Stelmaszczyk 1994). Stort set alle i branchen er enige om, at antallet af, især mindre, løngalvanisører vil falde i de kommende år

Andre grunde til, at der efter alt at dømme vil blive færre galvanisørvirksomheder i branchen, er, at nogle ejere er ældre og ikke ønsker at fortsætte; og/eller fordi kvalitetskravene og især kravene til dokumentation er blevet så høje, at de mindre ikke har tilstrækkelig styring af processerne. De nye forbedrede teknologier med pulserende elektrolytisk pålægning af zinklegeringer stiller som nævnt ligeledes øgede krav til styringen.

#### *Varmforzinkning*

Den danske konkurrenceevne indenfor varmforzinkning bygger især på præcisionsarbejde og punktlighed (oplyst ved Lars Peter Degn 1994). Kravet til kvalitetsstyring synes at have en stadig større betydning for produktionen. Der er endnu ikke krav om certificeret kvalitetsstyring, hvilket bla. kan illustreres af at selvom de fleste danske virksomheder leverer til Storebæltsbroen, er ingen af dem certificeret; mens ingen af dem, der er certificeret, er leverandører (oplyst ved Lars Peter Degn 1994).

#### *Overkapacitet*

Det vurderes, at der i branchen er en væsentlig overkapacitet, op mod 50%, hvilket ligeledes er med til at intensivere konkurrencen om kunderne (oplyst af Lars Peter Degn 1994). Prisen på varmforzinkning varierer med verdensmarkedsprisen på zink, som på det sidste er faldet betydeligt (omkring 60% gennem de sidste 5 år). Varmforzinkede emner kan dog ikke konkurrere med andre overfladebehandlinger på initialprisen, men

pga. den længere levetid og fordi der ikke kræves vedligeholdelse, er totalomkostningerne for varmforzinkede emner konkurrencedygtige.

#### *Nye markeder*

Ekspansionen i varmforzinkningsbranchen hænger også sammen med at branchen har været god til at finde nye markeder trods krise i byggebranchen. I midten af firserne var det især vindmølleeventyret i Danmark, senere kom nye markeder i landbruget til. Produktionen var da 85-90.000 tons. I slutningen af 80'erne og starten af 90'erne åbnede sig et nyt nærliggende marked i det tidligere Østtyskland.

Branchen har udvidet markedet ved åbningen af Østtyskland ved at satse på høj kvalitet og kort leveringstid. Derved har de danske virksomheder til dels udkonkurreret vesttyske udbydere, der havde leveringstid på 4 uger. I dag er de østtyske virksomheder gearret til selv at foretage en større del af arbejdet og de danske virksomheder har ikke kunne fastholde deres markedsandel (oplyst af Lars Peter Degn 1994).

Den direkte eksportandel forstået som færdige udenlandske emner, der lønforzinkes i Danmark og sendes tilbage, udgør ca. 15-20 %. Derudover eksporteres en del af emnerne indirekte ved at det færdige produkt senere eksporteres af aftageren.

#### *Flytning af produktion*

Det forventes at de mest arbejdsintensive metalforarbejdende virksomheder vil flytte en del af produktionen til Østeuropa. Dermed vil også varmforzinkningen foregå tæt på kunderne i Østeuropa. De første år vil kvaliteten ikke kunne følge med den danske kvalitet og leveringstid, men på længere sigt (5-10 år) er truslen mere overhængende.

#### *Organisk overfladebehandling*

Det tekniske udstyr i de virksomheder, som foretager organisk overfladebehandling er meget forskelligartet. Graden af automatisering af anlæggene, deres størrelse og evne til minimering af spild og emissioner, er alt sammen meget afhængig af typen af virksomhedens produktion og om den er lønarbejdende eller ikke.

#### *Store eller små produktionsserier*

En del af de lønarbejdende virksomheder har ofte specialiseret sig indenfor et bestemt segment af markedet. Hvis virksomheden f.eks. satser på store serier af samme produkttype, kan virksomheden have etableret store og oftest automatiserede produktionsanlæg. Denne virksomhedstypes modsætning er de helt små lønarbejdere, som tager sig af små serier og af et vidt spektrum af produkttyper. Deres anlæg har ofte en tilsvarende lavere grad af automatisering og er teknisk mere enkle. Dette skyldes fortrinsvis de store svingninger i produktionsmængder, emnernes størrelse og udformning; en arbejdsform der stiller store krav til udstyrets fleksibilitet og om hurtig omstilling til forskellige kulører (oplyst af Jensen, Niels Lund 1994).

Derudover er der naturligvis de virksomheder som har malebehandling som en del af deres produktion. Disse virksomheder er på samme måde meget forskellige hvad angår de tekniske forhold, men har imidlertid lettere ved at tilpasse maleanlæggene, idet de ofte har et mere eller mindre veldefineret produktsortiment og produktmængde.

<i>Miljøkrav</i>	Miljøkrav har i en vis udstrækning flyttet overfladebehandlingen til lønlakerere. Nogle producenter har i stedet for at investere i nødvendige miljøforanstaltninger fundet det mere rationelt at nedlægge maleafdelingen og i stedet lagt arbejdet ud til lønarbejdende overfladebehandlere.
<i>Intet pres fra kunder</i>	Miljø og arbejdsmiljø indgår kun i forsvindende lille omfang som konkurrenceparameter i branchen. Overfladebehandlingen udgør ofte kun en lille del af et produkts umiddelbare egenskaber, hvorfor man oftest vælger de traditionelle og velprøvede malebehandlinger, hvor man er sikker på resultatet. Det er desuden svært, for ikke at sige umuligt for forbrugeren at gennemskue, om malebehandlingen er miljøvenlig, om den er påført på en måde hvor der tages hensyn til miljøet og for den sags skyld også arbejdsmiljøet. Der er derfor ikke i dag et pres fra forbrugerne i form af krav om mere miljøvenlige malebehandlinger.
<i>Miljøbevidsthed i branchen</i>	Der er imidlertid generelt ved at komme en bevidsthed i branchen om, at en omstilling til mere miljøvenlige malebehandlinger kommer på et tidspunkt og er nødvendig. Men så længe man kan opnå tilfredsstillende resultater med de eksisterende anlæg, og der ikke er et pres fra eksempelvis kunder eller miljømyndigheder mod en ændring af produktionsforholdene, er der forsvindende få incitamenter for at forsøge sig med nye og mindre gennemprøvede teknologier. Denne indstilling kommer dels af, at man naturligvis gerne vil undgå nye investeringer, så længe de ikke er strengt nødvendige, men også fordi man sjældent vil gå på kompromis med kvaliteten og navnlig prisen af malebehandlingen.
<i>Dokumentation</i>	<p>Der er således en vis træghed i branchen, hvad angår omstilling fra en kendt til en mindre kendt teknologi. Man satser sjældent på nye typer malebehandling, hvis disse ikke er tilstrækkeligt gennemprøvede, og kvaliteten kan dokumenteres. Det kræver også, at leverandørerne har det relevante udbud af produkter, som kan substituere de gamle, og at de kan dokumentere tilfredsstillende resultater (oplyst af Niels Lund Jensen 1994).</p> <p>Der er en tendens til, at kvalitet bliver en mere og mere vigtig konkurrenceparameter; kunderne stiller efterhånden større krav om dokumentation for behandlingernes art og udførelse, specielt når der stilles store krav til overfladebehandlings korrosionsbestandighed. En vigtig faktor i denne sammenhæng er normer og standarder, især når det drejer sig om vådmalinger. Disse bruges i vidt omfang til at definere kvaliteten af en overfladebehandling. Dette betyder også, at der opbygges mere viden og større bevidsthed om hvilke parametre, der har betydning for behandlingens kvalitet (oplyst af Niels Lund Jensen 1994).</p>
<i>Standarder uden miljøovervejelser</i>	<p>Disse standarder er i reglen udarbejdet med et rent teknisk fokus og indeholder sjældent miljømæssige overvejelser. Hvis ikke udviklingen mod mere miljøvenlige overfladebehandlingsteknikker indgår i standardiseringsarbejdet, vil det stadig stigende antal standarder kunne blokere for udvikling mod renere teknologier.</p> <p>Et eksempel herpå er en standard, som i øjeblikket er under udarbejdelse i ISO regi. Arbejdsgruppe 4 under 'ISO TC 35 SC 14, Protective paint systems for steel structures' omhandler stort set alle aspekter ved korro-</p>

sionsbeskyttelse af stålkonstruktioner. Standarden forventes at få betydning for, hvilke krav der fremover vil blive stillet til overfladebehandling af stål. Problemet er, at de første udkast til ISO-standarden kun rummede traditionelle stærkt opløsningsmiddelholdige malinger. Sandblæse- og Maleentreprenørforeningen har derfor set sig nødsaget til i samarbejde med DTI at deltage i standardiseringsarbejdet for at få åbnet mulighed for brug af mere miljøvenlige malinger (oplyst af Ralph Nielsen 1994).

Kvalitetsstyring vinder også så småt frem i branchen, og dette forventes ligeledes at få betydning som konkurrenceparameter.

Man har gennem de seneste år også i denne branche mærket en generel afmatning, specielt for virksomheder med tilknytning til byggeriet. Der er desuden en generel overkapacitet i branchen, hvilket også er med til at øge den indbyrdes konkurrence.

#### *Færre virksomheder*

I fremtiden vil branchen sandsynligvis komme til at bestå af færre og større virksomheder. Det skyldes dels stigende krav til kvalitet og dokumentation for denne, dels forventes det, at en fremtidig mere ensartet offentlig regulering af branchen vil rydde ud i specielt branchens mindste virksomheder. Det forventes, at denne udvikling igen vil betyde mindre hård konkurrence, hvorved der vil blive 'plads' til at afprøve nye muligheder, investere i nyt udstyr, samt mindske fokus på prisen, hvilket vil forbedre muligheden for at bruge behandlingsteknikker, som er lidt dyrere end de traditionelle.

#### *Overfladebehandling af tyndplader*

Der er i de senere år sket en ret kraftig vækst i anvendelsen af præ-malede pladematerialer bl.a. inden for hvidevareindustrien. Dette skyldes bl.a. de miljøkrav, der stilles til malebehandlingsanlæg. I stedet for at investere i maleanlæg med tilhørende udsugnings- og rensefaciliteter, er det lettere for produktionsvirksomheden at anvende præ-malede plader, og derved 'eksportere' miljøproblemerne til den virksomhed, som overfladebehandler pladerne.

#### *Plader overfladebehandlet fra stålværk*

Plademateriale med organisk overfladebelægning har imidlertid ikke samme elektrisk ledende egenskaber som ubehandlet plade, hvorfor sammenføjning ved svejsning ikke er mulig. Øget brug af præ-malede plader kræver derfor i en vis udstrækning en udvikling af nye sammenføjningsmetoder (Danckert 1992).

Der er ligeledes en stigende tendens til at præforzinkede (både varmekforzinkede og el-forzinkede) leveres direkte fra stålværkerne i Tyskland. I alt 40% af alt koldvalset plademateriale fremstillet i Tyskland overfladebelægges på denne måde (Danckert 1992). Miljømæssigt set kan det være en fordel at have store centrale anlæg, idet det kan være lettere at optimere processerne og genvindingsanlæggene gøres mere rentable. Det har ikke været muligt at anslå anvendelsesomfanget af disse overfladebehandlede varer på det danske marked, men andelen ventes at vokse.

#### *Internationale perspektiver*

Den kraftige økonomiske vækst i Syd-Østasien fører til nye markeder for overfladebehandlingen. Pga. den meget høje relative luftfugtighed er det nemlig nødvendigt at korrosionsbeskytte danske eksportvarer også til indendørs brug omhyggeligt.

## *Østeuropa*

Som en mulig trussel udefra nævnes de østeuropæiske lande, der med lavere lønomkostninger og mindre krav om miljøinvesteringer især er konkurrencedygtige på prisen. I Dansk Galvanisør Union mener man allerede i dag at kunne mærke denne konkurrence. Specielt i dele af forarbejdningsindustrien uden høje kvalitetetskrav laves noget af emneproduktionen i f.eks. Polen. Med produktionen forsvinder også overfladebehandlingen af emnerne.

I malebehandlingsbranchen mærker man ikke specielt til åbningen af det tidligere Østeuropa. Det hænger sammen med det tidsforbrug og de omkostninger, der er forbundet med transporten frem og tilbage, samt at skader i overfladebehandlingen under transport ikke er noget lille problem for branchen. Ligeledes kan de krav, der oftest stilles til malebehandling oftest kun imødekommes med stor brug af know-how og teknisk vel-fungerende anlæg, områder som i Danmark er langt bedre udviklede (oplyst af Michael Nørregaard 1994).

## **4.2 Substituerende processer og produktion**

### *To udviklinger*

Betragtes den metaloverfladebehandlende industri under ét, så sker der i øjeblikket to vigtige teknologiske udviklinger. Dels ændres basismaterialet og dels vinder andre belægningstyper frem. Med hensyn til basismaterialet er der i dag flere alternativer til stål. De umiddelbart største forandringer for branchen kommer fra aluminium, plast og kompositmaterialer. På længere sigt ventes også andre lette metaller og keramer at få betydning.

### *Aluminium*

Aluminiums rolle forventes at stige, som det har været tilfældet i udlandet. Og det ventes, at aluminium vil beslaglægge en del af det nuværende marked for stål. Et område, hvor det i stor udtrækning allerede sker, er transportsektoren. Hidtil har andre aftagere været noget tilbageholdende, men leverandørerne forventer fremgang. Pga. af Sovjetunionens kollaps, skrottes og eksporteres store mængder aluminium, som sælges til dumpingpriser. Verdensmarkedsprisen på sekundært aluminium er i dag betydeligt lavere end for bare få år siden.

### *Magnesium*

På lidt længere sigt ventes også magnesium at substituere stål som emnemateriale, idet styrkeegenskaberne er endnu bedre end aluminiums. Prisen er dog noget højere og desuden korroderer magnesium lettere end aluminium, hvilket stiller større krav til overfladebelægninger. Teknologien er endnu ikke så udviklet som for aluminium.

### *Plast*

Jerns rolle som markedsdominerende materiale har været vigende siden 1940. Dette har stor betydning for udviklingen inden for overfladebehandling. I dag er der en tydelig tendens til at de procesteknisk set "lettere" plastmaterialer er ved at overtage metallernes førerposition. Årsagen er den simple, at flere materialefunktioner kan integreres i færre procestrin. Hvor f.eks. elektronikkasser tidligere blev lavet af metal, anvendes idag plastkasser, der med en enkelt støbeprocess giver produktet de ønskede funktionelle egenskaber, som med metal krævede en lang række af procestrin, så som klipning, stansning, bukning, forbehandling, overfladebehandling, efterbehandling, hul- og gevindboring. Ved plastformning mindskes derved også mængden af spild.



I nogle tilfælde overfladebehandles plast med samme metoder som ellers var forbeholdt metal. Dette sker fordi plastmaterialer før blev anset for et 'billigt' og 'dårligt' produkt. Producenterne anvender 'sminke-forch-romning' af disse, for at lade forbrugeren blive i troen på, at f.eks. bilens hjulkapsler eller vandhanen er af den velkendte og 'gode' kvalitet. Med hensyn til overgang til nye materialer som f.eks. plast i stedet for stål er det værd at bemærke at selv om, at det rent teknisk kan lade sig gøre at opnå samme produkt egenskaber, vil forbrugerne ofte have en vis konservatisme. En indirekte produkt egenskab er i nogle tilfælde 'fornemmelsen' af kvalitet gennem f.eks. produktets vægt og robusthed, egenskaber som ikke nødvendigvis siger noget om produktets reelle kvalitet.

En anden årsag til at plast overfladebehandles, er de stigende krav om afskærmning af elektromagnetisk stråling fra elektroniske apparater. Kravene udformes i standarder affødt af EU's direktiv om elektromagnetisk kompatibilitet (EMC). Plastmaterialerne kan ikke i sig selv afskærme tilstrækkeligt mod strålingen og skal derfor belægges med metaller. Det kan gøres ved en kemisk fornikling efterfulgt af en elektrolytisk forsvøvnings.

En af fordelene ved substitution af stål med plast er, at man kan undgå overfladebehandlingen, idet plasten kan fabrikeres i stort set alle kulører. I nogle tilfælde vælger man imidlertid alligevel at malebehandle plast for at opnå en speciel overflade finish eller fordi det endelige produkt sammensættes af andre malede dele (Oplyst af Niels Lund Jensen 1994).

#### *Tørre overfladebehandlings- teknikker til Danmark*

Under det materiale teknologiske udviklingsprogram (MUP) er lavet et center på DTI i Århus, som har ført tørre overfladebehandlingsmetoder til Danmark. Der arbejdes med tre metoder: fysisk gasfasereaktion (PVD) og kemisk gasfasereaktion (CVD). Disse to processer er kendetegnet ved at danne en tynd metallegering på emneoverfladen. Den tredje er ionimplantering, hvor emnet beskydes med ioner, som trænger ind i emnet og omlegerer overfladen. Processerne anvendes til emner med store krav til hårdhed, f.eks. industrielt værktøj som metalbor og plaststøbeværktøj. Det hævdes fra DTI at en kommende Plasma-CVD-proces til en vis grad kan tænkes at substituere hårdforchromning.

Prisen pr. belægning er betydeligt større end for galvanarbejde, men det opvejes af, at levetiden og produktionen forøges og emnerne kan fremstilles i billigere materialer (Christen A. Stræde, 1994). Andre eksperter mener dog, at CVDs muligheder er stærkt overvurderede, at anvendelse er meget begrænset, og at disse nye metoder ikke udgør nogen særlig trussel mod andre overfladebelægnings.

Virksomheden Voss er i sidste fase af et projekt om forsøg med keramisk overfladebehandling af jern, som er støttet af Miljøstyrelsen. Den keramiske belægning har vist sig at have gode korrosionsbeskyttende egenskaber samtidig med at den er slagstærk. Teknologien er dog behæftet med forholdsvis store anlægsinvesteringer (i millionklassen).

## 4.3 Leverandørers position

*Små galvanisører helt afhængige af leverandører*

### 4.3.1 Galvanobranchen

Galvanobranchen er generelt meget afhængig af deres leverandører. Indsigt i galvanoprocesserne kræver ofte dybere kemisk indsigt, som den enkelte galvanisør sjældent er i besiddelse af. For det første kan kemikalierne til badene indeholde 'fabrikationshemmeligheder', f.eks. forskellige glansmidler, som galvanisørerne ikke må få at vide, hvad er. For det andet kan kemien være for kompliceret for virksomhedsejeren at gennemskue. Derudover har virksomhedsejeren sjældent det fornødne måleudstyr til rådighed, hvorfor viden om, hvornår et bad skal udskiftes eller justeres med kemikalier, ofte indhentes ved at sende prøver til leverandørerne, der så analyserer og stiller 'diagnosen'. Samme forhold til leverandørerne eksisterer når det drejer sig om miljøbeskyttende foranstaltninger som eksempelvis drift af renseanlæg og ionbyttere (Christensen, 1993). Det er typisk for galvanobranchen at benytte sig af flere forskellige underleverandører, tilmed også når det drejer sig om leverance af de samme kemikalier.

De øvrige mekaniske anlæg kræver derimod mindre bistand fra leverandørerne, idet der ofte kun er tale om diverse kar og kraner.

En enkelt undersøgelse har vist, at det i galvanobranchen er meget almindeligt at have flere leverandører, som man kan spille ud mod hinanden. I den tidligere omtalte undersøgelse blandt 14 galvanovirksomheder i det nordlige Jylland var der således kun 2, der kun brugte én leverandør. Det tætte samarbejde mellem virksomhed og leverandør afspejler sig også ved fællesarrangementer som demonstrationsdage og undervisning (Christensen, Per 1993).

Leverandørerne af udstyr konkurrerer indenfor forbehandling på at minimere vandforbruget (oplyst af Kristian Løkkegård 1994).

### 4.3.2 Organisk overfladebehandling

Virksomhederne indenfor organisk overfladebehandling har ofte en del underleverandører fordelt på forskellige typer af leverancer f.eks. forbehandlingskemikalier, malematerialer, sprøjteudstyr og automatik, anlæg (forbehandlingsanlæg, conveyorsystemer, sprøjtekabiner og tørre-/hærdevne) etc.

*Tæt samarbejde med leverandører*

Der er oftest en tæt kontakt til leverandørerne af maleprodukter. Der findes et hav af forskellige maleprodukter med forskellige egenskaber, krav og kombinationsmuligheder, og de forskellige produkters anvendelsesmuligheder er på det nærmeste umuligt for den enkelte virksomhed at have kendskab til.

*Leverandørernes know-how*

Virksomhederne benytter sig derfor i høj grad af leverandørernes know-how og bruger dem i vidt omfang som faglige konsulenter. Ud fra kundens krav til overfladebehandlingen drøfter man typisk med sin leverandør af maleprodukter, hvilke malingstype eller rettere malingssystem der er mulighed for at anvende. Virksomheden har oftest opbygget et tillidsfor-

hold til leverandøren, som også betyder, at man er sammen om at garantere for overfladebehandlingens kvalitet. Se iøvrigt afsnit 5.2. Samarbejdet med leverandøren kan således også være en forpligtigelse til mere eller mindre at følge leverandørens anvisninger og dermed også kun at købe dennes produkter.

#### *Etablering af anlæg*

Ved etablering af maleanlæg til konventionelle malinger er det normalt at indkalde en del forskellige potentielle leverandører af materialer og anlæg, som så i samarbejde kan finde en løsning, som imødekommer virksomhedens specifikke behov og krav. Typen af overfladebehandling formuleres typisk i samarbejde med leverandøren af maleprodukter, hvor udfra der herefter kan opstilles krav til valg af forbehandling, tørre/hærdefaciliteter samt det øvrige anlæg. Ved ændringer på anlæg eller omskiftning til nye materialer, er det ligeledes almindelig praksis at inddrage de potentielle leverandører. Meningen hermed er naturligvis at materialer og udstyr nøje skal tilpasses hinanden og skræddersys til den specifikke virksomhed og dens produktion (Miljøstyrelsen 1990a).

### **4.4 Aftageres position**

#### *Galvanobranchen*

Hvem er branchens typiske kunder og hvad karakteriserer dem? Indenfor galvanobranchen er langt det mest interessante for kunden, kvalitet og pris. Hvis der i galvanobranchen, fra aftagerside stilles miljøkrav er det ofte for at sikre at leveringssikkerheden er i orden ved at virksomheden ikke pludselig bliver lukket pga. miljøovertrædelser (Christensen, Per 1993).

#### *Varmforzinkning*

Blandt storkunderne til varmforzinkerne aftager det offentlige herhjemme kun ca. 10 % af produktionen. De offentlige kunder stiller ikke miljøkrav. El-selskaberne er en anden stor kunde pga. el-master. Kun ganske få af de private kunder stiller krav om dokumentation af miljøbelastningen fra produktionen. (oplyst af Lars Peter Degn 1994).

#### *Organisk overfladebehandling*

De kunder, som henvender sig til en lønarbejdende maler, prioriterer overfladebehandlingens parametre forskelligt. Stiller kunden høje kvalitetskrav til malebehandlingen vælges typisk mellem de malere, som kunden har kendskab til og ved kan levere den ønskede kvalitet. Er der flere mulige leverandører, er prisen oftest afgørende for valget.

Ved andre produkter stilles der mindre krav til malebehandlingen; her skal produktet måske bare have den rigtige kulør og frem for alt skal behandlingen være billig. Her fokuseres der næsten udelukkende på prisen. Denne type kunder bliver der efter alt at dømme færre af. Der kan i forskellige sammenhænge også lægges vægt på produktionstiden (Oplyst af Niels Lund Jensen 1994).

Kundernes design- og udviklingspersonale, som f.eks. arkitekter og ingeniører stiller ikke krav om miljøvenlige malinger, idet de oftest ikke kender til de forskellige teknologier. De er oftest ikke opmærksomme på problematikkerne og alternative produkter.

## 5 Branchens organisatoriske forhold

### 5.1 Organisatoriske netværk

#### *Dansk Galvanisør Union*

Dansk Galvanisør Union (DGU) er brancheforening for galvano. Foreningen har 65 medlemsvirksomheder, hvoraf 12-15 er leverandører eller konsulenter. En betydningsfuld gruppe, der ikke er med, er printindustrien, som har de samme processer. Efter eget udsagn er foreningen aktiv og deltager i styregrupper for forskellige miljøprojekter og arrangerer orienteringsdage - også om miljømønstre. DGU er dog ikke aktiv i den tekniske udvikling i branchen.

#### *Foreningen af Danske Varmforzinkere*

Foreningen af Danske Varmforzinkere (FDV) har en meget stor medlemsdækning. 17 af de 20 varmforzinkere er medlem af foreningen. Det er kun de mindre, der ikke er medlem. Foreningen har blandt andet udgivet en dansk udgave af Håndbog om Varmforzinkning.

#### *Nordisk Forzinkere*

Desuden eksisterer der en Nordisk Forzinkningsforening, som driver et informationskontor med adresse i Stockholm. Formålet med kontoret er, at fremme efterspørgslen for varmforzinket materiel, at overvåge den teknologiske udvikling og at drive egen forskning. Kontoret distribuerer tryksager og fungerer som databank, også for ikke-medlemmer.

Virksomheder, som foretager organisk overfladebehandling er kun i lille grad organiserede (Oplyst af Marianne Rachlitz 1994). De virksomheder, som har overfladebehandlingen som en del af deres øvrige produktion, er organiseret indenfor de brancher, som produktionen knytter sig til, dvs. oftest de forskellige brancheforeninger indenfor jern og metal.

#### *Sandblæse- og male-entreprenørforeningen*

Sandblæse- og Maleentreprenørforeningen (SME) har 46 medlemsvirksomheder som er både små og store virksomheder. 15 af medlemsvirksomhederne er leverandører af materiel (blæsemidler, maling og udstyr) og de resterende arbejder med industriel overfladebehandling af både stål og facader på bygninger og broer i både stål og beton. End del af virksomhederne laver udelukkende overfladebehandling, mens andre har det som en del af deres produktion.

#### *Foreningen af Automobil- og Industrilakerer*

Foreningen af Automobil- og Industrilakerer (FAI) er både en brancheforening og en arbejdsgiverforening under DI, og den største indenfor organisk overfladebehandling. FAI havde ved udgangen af 1993 ca. 450 medlemsvirksomheder primært indenfor autolakering. En mindre del af medlemsvirksomhederne foretager desuden industrilakering, industriel overfladebehandling samt rustbeskyttelse. FAI beskæftiger sig bla. med information til medlemmerne om forhold, der berører branchen, samt behandling af forespørgsler indenfor overenskomst- og personaleforhold, jura, økonomi, miljøforhold, etc.

### *Industrilakerernes Landsforening*

Industrilakerernes Landsforening (IL) er en kun halvandet år gammel brancheforening under Byggeriets Arbejdsgivere (BYG). Foreningen har omkring 25 medlemsvirksomheder, som fortrinsvis er blandt de store i branchen. Brancheforeningens formand anslår, at medlemsvirksomhederne råder over ca. 40% af branchens samlede kapacitet.

Derudover findes der brancheforeningen for leverandører af malematerialer, "Foreningen for Danmarks Lak- og Farveindustri", samt Male-Anlægsleverandørenes Brancheforening (MAB).

## **5.2 Vidensbaserede netværk**

### *Store virksomheder ledende*

For de mindste i galvanobranchen er leverandørerne den vigtigste kontakt, når det drejer sig om ny viden. Mange af de mindste løngalvanisører har ikke tilstrækkelig kemisk indsigt til målrettet at udvikle selv. Det er de store virksomhedsgalvanisører, der i dag er ledende og viser vejen. Disse virksomheder ansætter i dag kemikere til at kontrollere og udvikle processerne. I disse virksomheder har man kapitalen til at investere i store fuldautomatiske anlæg (oplyst ved Per Møller 1994).

### *Konsulenter i galvanobranchen*

Udover hos leverandører og virksomhederne selv, er der bistand at hente flere steder. Institut for produktudvikling (IPU) ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU) har stået for en del udviklingsprojekter under handlingsplanerne for renere teknologi. Af andre videnscentre kan nævnes Miljøkemi og DTI. DTI står også som centerleder for det center, der i samarbejde med fem større danske virksomheder og under det materiale-teknologiske udviklingsprogram (MUP og MUP II) skal introducere de nye overfladebehandlingsformer CVD, PVD og ionimplantering.

### *Danske varmforzinkere førende - ingen eksterne konsulenter*

Den teknologiske udvikling indenfor varmforzinkning ledes i høj grad af de førende forzinkere selv. Det hænger sammen med, at processerne er meget forskelligartede og ikke direkte kan sammenlignes fra virksomhed til virksomhed. Desuden er danske virksomheder førende, hvad angår produktionsintegrede miljøhensyn. Det hænger sammen med, at der i længere tid i Danmark har eksisteret en høj affaldsafgift på f.eks. olie, kemikalier og syre. Der har således fra virksomhedernes side været et kraftigt incitament til at forebygge et stort syreforbrug. Hverken udenforstående konsulenter eller leverandører bidrager væsentligt til den teknologiske udvikling (oplyst ved Lars-Peter Degn). I modsætning til flertallet af galvanovirksomhederne er varmforzinkerne mere investeringsvilligt indstillet.

### *Leverandørerne er afgørende for organisk overfladebehandling*

Indenfor branchen af organisk overfladebehandling er langt den største del af viden og know-how placeret hos leverandørerne og især producenter (hvis ikke de er en og samme) af maleprodukter. Det er gennem kontakten til leverandørerne, virksomhederne henter sin indsigt og information. Det er i høj grad også hos producenterne af maleprodukter udviklingen af nye materialer sker. Malematerialer er i dag højteknologi og udvikles af producenterne på egne, meget veludstyrede laboratorier. Recepterne på produkternes indhold og sammensætning hemmeligholdes normalt strengt af konkurrencehensyn, og det er derfor vanskeligt, for ikke at sige umuligt for udenforstående at blande sig direkte i den teknologiske udvikling.

### *Produktudvikling*

Udviklingen og produktionen af maleprodukter er mere eller mindre tæt tilknyttet den tyske kemiske industri. For eksempel bliver størstedelen af de bindemidler, som bruges i danske maleprodukter produceret i Tyskland, hvilket selvsagt har betydning for produktudviklingen.

### *Tilbage melding vigtig*

I forhold til udviklingen af nye maleprodukter er en vigtig faktor for producenterne imidlertid tilbagemeldinger i form af erfaringer, kritik, nye ønsker og krav. Disse tilbagemeldinger kommer enten direkte fra kunderne gennem leverandørerne, eller fra brancheforeningerne. Ligeledes foretages der bla. på DTI i et vist omfang undersøgelser og tests af nye materialer (Oplyst af Marianne Rachlitz 1994).

### *Rådgivere*

DTI fungerer desuden i en vis udstrækning som rådgivere for branchen af malebehandlere. Normalt forlader branchen sig på leverandørernes viden på de krævede områder. Ønsker virksomheden en mere uvildig rådgivning, kan DTI bistå hermed og kan ofte tilbyde forskellige typer af undervisning rettet mod branchen. En lignende rolle spiller Force Institutterne, for hvem typiske opgaver er test af forskellige produkters overfladebehandling, skadesundersøgelser og anden rådgivning. Brancheorganisationerne fungerer som tidligere nævnt også i et vist omfang som rådgivere.

# Appendix B:

## Nøgletalsundersøgelse

udarbejdet af Kristian Løkkegård og Marianne Rachlitz

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>126</b>
<b>2</b>	<b>Koncept for udvikling af nøgleparametre</b>	<b>128</b>
<b>3</b>	<b>Nøgleparametre i de tre delbranchen</b>	<b>130</b>
3.1	Nøgleparametre i galvano	130
3.2	Nøgleparametre i varmforzinkning	137
3.3	Nøgleparametre for organisk overfladebehandling	140
<b>4</b>	<b>Sammenligningskriterier på brancheniveau</b>	<b>146</b>
4.1	Sammenligningskriterier for galvano og varmforzinkning	146
4.2	Sammenligningskriterier for organisk overfladebehandling	149
<b>5</b>	<b>Sammendrag</b>	<b>153</b>

# 1 Indledning

## *Projektets formål*

Formålet med dette projekt er at udvikle nøgleparametre indenfor 'branchen for overfladebehandling', dvs. galvan- og varmforzinkningsindustrien, samt organisk overfladebehandling udført på metal. Autolakering og udendørs overfladebehandling og renseprocesser er ikke inkluderet. Nøgleparametrene udvikles på grundlag af foreliggende og indsamlet datamateriale. De vurderes og sammenlignes iforhold til relevans for miljøstatus, for 'spredningen' i branchens miljøbelastning og evt. for BAT (= best available technology).

Sammenligning og vurdering skal benyttes til:

- a. miljøstatus for branchen og for enkeltvirksomheder.
- b. at kunne monitorere effekter af renere teknologiindsatsen som anført ovenfor både i branchen totalt set og i delbrancherne galvan, varmforzinkning og organisk overfladebehandling.
- c. at kunne motivere til reduktion af miljøbelastningen ved, at den enkelte virksomhed får mulighed for at følge sin egen udvikling over tid - og eventuelt også sammenligne sig med andre i branchen.

Det ønskes, at nærværende projekt giver

## *Resultater med BAT*

- et skøn over de opnåede resultater i de bedste danske virksomheder - en slags grov bestemmelse af de realiserede resultater ved 'bedst anvendte teknologier', (BAT).

## *Kendskabsniveau og spredning*

- et billede af spredningen i den faktiske miljøbelastning mellem branchens virksomheder og sammenhængen mellem miljøbelastning og virksomhedens teknologiske niveau. Billedet kan danne grundlag for en vurdering af spredningspotentialerne og for en vurdering af de samlede miljøforbedringer, der vil kunne opnås i branchen.

## *Nuværende miljøbelastning*

- en belysning af miljøstatus i branchen på basis af de foreliggende data og eventuelt yderligere indsamlet materiale.

## *Nøgleparametre bruges til: - styring og kontrol - kommunikation*

Ideen med nøgleparametre er ikke ny. Nøgleparametre udgør kernen i ethvert kontrolsystem. I industrikredse bruges nøgleparametre sædvanligvis som kommunikationsmiddel, når der skal udveksles information omkring komplekse forhold. Nøgleparametre er i princippet en relation mellem størrelser, hvor sammenhængen normalt ikke kan beskrives i detaljer på simpel vis. Nøgleparametrene skal altid vurderes med de gjorte forudsætninger, for at tallene får nogen relevans.

## *Nøgleparametre skal opdeles i klasser efter brug og krævet nøjagtighed*

At have styr på egne miljøforhold er blevet et strategisk element i enhver produktionsvirksomhed på linie med andre vitale ledelsesopgaver. Virksomheden selv skal bruge interne nøgleparametre til at styre efter. Eksterne interessenter (f.eks. Miljøstyrelsen, miljøtilsyn, kunder, forsikrings-



selskaber, banker, revisorer, m.fl.) ønsker at få indsigt i virksomhedens miljømæssige adfærd, hvorfor nøgleparametre også er interessante for disse parter. Interessenternes vidensbehov varierer betragteligt, hvorfor nøgleparametrenes nøjagtighed må vejes op mod det arbejde, der skal udføres for at få genereret tallene. Nøgleparametrene må derfor opdeles i forskellige klasser alt efter brug og nøjagtighed.

#### *Arbejdsopgaver og ansvar*

Projektet udføres af K.L.Engineering ApS (KLE) ved Kristian Løkkegaard, hvad angår opgavens rammer, opstilling af paradigma, metode, mv. samt forholdene vedrørende galvano og varmforzinkning. K.L.Engineering står for sammenskrivning af rapporten samt sikring af rapportens ensartethed. DTI, Overfladeteknik er inddraget i projektet for så vidt angår forholdene for organisk overfladebehandling. Marianne Rachlitz er ansvarlig for løsning af denne opgave. Det detaljerede arbejdsgrundlag findes i bilag 3. Enheden for Teknologivurdering, på Institut for Teknologi og Samfund, DTU står for udformning af rapporten til tredje part.

#### *Datagrundlaget*

Datagrundlaget er tilvejebragt ud fra eksisterende dokumentation hos såvel K.L.Engineering ApS som Dansk Teknologisk Institut. K.L.Engineerings data er taget fra projektet: *'Decentral opsamling af galvanisk affald med henblik på central regenerering og genvinding'*, der udføres for Dansk Galvanisør Union med finansiering af Miljøstyrelsen. Herudover er der anvendt udvalgte data fra 4 stk. ansøgninger om miljøgodkendelse efter miljølovens kapitel 5 samt fra 4 stk. miljøgennemgange, som KLE har gennemført med andet formål. Arbejderne er gennemført for private kunder, hvorfor KLE vil respektere disse klienters krav om fortrolighed. Kunderne tilhører alle den galvaniske branche.

Endelig er Miljøstyrelsens brancheorientering nr. 3, 1993; *'Brancheorientering for varmforzinkningsindustrien'*, samt brancheorientering nr. 6, 1993; *'Brancheorientering for galvanoindustrien'*, blevet anvendt. Data-materialet er vedlagt i bilag 3 og 4 i det omfang, det kan offentliggøres.

## 2 Koncept for udvikling af nøgleparametre

### *Forurenende situationer*

Enhver af virksomhedens aktiviteter, produkter eller serviceydelser påvirker miljøet. Påvirkningerne er enten direkte (normal drift, unormal drift, uheld) eller indirekte som følge af brug og bortskaffelse af produktet. Miljøpåvirkningen kan have såvel en gavnlig som en skadelig effekt på miljøet; det være sig arbejdsmiljøet eller det ydre miljø. Er miljøpåvirkningen skadelig, taler vi om en miljøbelastning.

### *Forureningens form*

Enhver transport af masse og energi ud over virksomhedens hegn kan betegnes som en miljørelation. Transporten kan foregå løbende, periodisk, lejlighedsvis eller som konsekvens af uheld. Enhver virksomhed har tusindvis af miljørelationer, der heldigvis varierer i natur fra at være harmløse til at være af afgørende betydning for miljøet; dvs. for modtagende recipient og/eller mennesker.

Transporten fra virksomhed til omgivelserne kaldes *emission*. Det er kendetegnende, at stof altid emitteres som *gas, væske, fast stof eller blandinger heraf*, (f.eks støv = fast stof i gasfase, aerosol = væskedråber i gasfase, osv.). Energitransport forekommer ofte i forbindelse med massetransport. Energi emitteres med forskellig bølgelængde i form af *lys, varme, støj og vibrationer*. Energitransporten foregår først og fremmest via luften.

Transporten til virksomheden fra omgivelserne finder normalt sted under kontrollerede former. Vi taler om tilførsel af *ressourcer*, der opdeles i *energi* (olie, gas, el), *vand* og *kemikalier* (metal, syrer, baser, salte, mv).

### *Fokus på den vigtigste miljøbelastning*

### *Branchens særkende og forventede miljøbelastning*

Det første skridt i udvikling af nøgleparametre for en virksomhed eller en branche er fravalg af betydningsløse miljørelationer. Fravalget er nødvendigt for at kunne få et operationelt overblik over de værste miljøbelastninger fra virksomhed eller branche. Fravalget foretages ud fra kendskab til den pågældende virksomhed/branche, idet miljøbelastningen knytter sig til mængden af stofspredning, stoffets giftighed overfor mennesker og biotoper samt stoffets mobilitet og nedbrydelighed i naturen.

I nærværende projekt beskriver KLE branchernes særkende og redegør efterfølgende på kvalitativt niveau for branchens forventede miljøbelastning.

### *Udvikling af driftsrelaterede nøgleparametre*

Det andet trin i nøgletalsudviklingen er en analyse af virksomhedens driftsparametre. Vi opstiller sammenhængen mellem miljøbelastning og driftsparametre. De driftsrelaterede nøgleparametre kan bruges til beregning af miljøbelastningen, og miljøparametre kan bruges til optimering af driften. Optimering af processen fører normalt til et reduceret ressourceforbrug (= en mindsket miljøbelastning).

KLE har erfaring for, at såvel normal- som ikke-normal drift i den kemiske industri kan beskrives med specifikke nøgleparametre. Denne forud-

sætning efterprøves for galvaniske virksomheder, idet vi tager udgangspunkt i datamaterialet fra udvalgte kap-5 ansøgninger.

#### *Udvikling af miljøparametre på virksomhedsniveau*

Det tredje skridt i nøgletalsudviklingen bygger på erkendelsen af, at antallet af driftsparametre i virksomheden er så stort, at indsamling af data til beregning af miljøbelastningen bliver omfattende. Virksomheden kan med fornøjelse etablere et system hertil en gang for alle. KLE's erfaring viser, at hovedparten af virksomhedens driftsrelaterede nøgleparametre er ret konstante, men varierende producenterne imellem.

Eksterne interessenter har ikke brug for samme nøjagtighed som virksomhederne, der jo bruger nøgleparametre til driftskontrol. Den mindre nøjagtighed medfører, at nøgleparametrene bliver lettere at indsamle. Nøgleparametrene, der kaldes miljøparametre, kan bruges til at få et estimat af den enkelte virksomheds miljøbelastning. Sikkerheden i estimatet stiger, jo mere homogen branchen er.

KLE ved fra petrokemisk industri, at driftssituationen kan beskrives med rimelig nøjagtighed ved udvælgelse af ca. 10 nøgleparametre blandt flere hundrede. Vi antager, at det forholder sig tilsvarende i nærværende branche. Der findes de betydende nøgleparametre på virksomhedsniveau for henholdsvis galvano og varmforzinkning, idet nøgleparametrene relateres til vores viden om de typiske miljøbelastninger fra disse industrier. KLE vil efterprøve nøgleparametrenes nøjagtighed ved at estimere miljøbelastningen på virksomhedsniveau for en galvanisk virksomhed, hvis miljøbelastningen vi i forvejen kender fra arbejdet med virksomhedens ansøgning om miljøgodkendelse. DTI forventes at lave et tilsvarende arbejde på branchen for organisk overfladebelægning udført på metal.

#### *Klassifikation, index og sammenlignende nøgletal*

Det fjerde trin i udvikling af nøgleparametre sigter mod at opstille udtryk, der muliggør estimat af branchens miljøbelastning. Parametrene sammenlignes via index efter *virksomhedens adfærd* (viden, organisation og ledelse), *virksomhedens teknologiske stade* (proces teknologi, BAT, ressourceforbrug) samt *virksomheden produkter* (livscyklus).

#### *Samfundets miljøkrav forudsagt ved nøgleparametre*

Muligheden for at forudsige udviklingen i samfundets miljøkrav ud fra globale miljøparametre er væsentlig, idet parametrene bør indgå i enhver ledelses beslutningsgrundlag. Det er klart, at globale miljøparametre som ozonhuller, drivhuseffekt, forsuring, mv. har betydning for virksomhederne, idet lovgivning udarbejdes for at modvirke konsekvenserne. Lovgivningen sigter typisk på at eliminere årsagen; dvs. ved at stille krav om CO<sub>2</sub>-reduktion, ved at forbyde CFC-gasser og tilsvarende. Hertil vil nøgleparametre på brancheniveau være en vigtigt del blandt mange andre af samfundets beslutningsgrundlag.

#### *Køreplan for projektet*

Det skitserede koncept indeholder følgende hovedpunkter, der følges af såvel KLE (galvano, varmforzinkning) som DTI (org. overflade)

1. beskrivelse af branchens særkende og forventede miljøbelastning
2. udvikling af driftsrelaterede nøgleparametre
3. udvikling af miljøparametre på virksomhedsniveau
4. udvikling af miljøparametre på brancheniveau

## 3 Nøgleparametre i de tre delbrancher

### 3.1 Nøgleparametre i galvan

#### *Galvanbranchens særkende*

#### 3.1.1 Særkende og forventede miljørelationer

Galvanbranchen arbejder med overfladebelægningsprocesser, hvor grundmaterial af enten metal, plast eller keramik påføres et eller flere overfladelag af metal eller metalkompositter. Overfladebelægningen påføres i almindelighed ved elektrolytisk udreducering af metal. Produktionen gennemføres ved sekventiel neddykning i åbne kar med kemikalier eller skyllevand. Hver proces har sit kar. Emnerne flyttes i en bestemt rækkefølge fra kar til kar ved hjælp af en kran. Rækkefølgen af karrene er typisk: proces 1 → skyl → proces 2 → skyl → proces 3 → skyl → osv. Den typiske produktionslinie indeholder 3 sektioner, nemlig: forbehandlingen, pletteringen og efterbehandlingen. Hver sektion indeholder flere kar.

Teknisk set er erhvervets særkende, at processerne er giftige, korrosive, trykløse og kolde; dvs. temperaturen er mindre end 100 °C. Overfladebelægningen gennemføres ved brug af elektricitet til metalreduktion samt badopvarmning. Forbruget af skyllevand er betragteligt. Branchen anvender en bred vifte af kemikalier med et stort indhold af tungmetal og cyanid. Hertil kommer syrer, baser samt salte af sulfat, klorid, fosfat, nitrat og lignende. Metaltilførslen til badene foretages typisk i form af metalanoder. Badene nedslides ved brug. Olie kan forekomme fra afrensning af indkomne emner.

#### *Forventet miljøbelastning fra galvanbranchen*

Miljøbelastningen fra galvanisk produktion består hovedsageligt af tungmetalholdigt spildevand med lav BOD (mål for iltforbrug ved biologisk nedbrydning) og meget højt indhold af opløste salte (TDS). Hertil kommer tungmetalholdige filterkager (fast affald), idet indholdet af tungmetal i spildevand normalt reduceres ved metalhydroxidfældning. Nedslidte procesbade og flydende olieaffald vil forekomme lejlighedsvis. Emission til luften er i praksis uden betydning for det ydre miljø. Aerosoldannelse kan medføre et dårligt arbejdsmiljø i produktionslokalet.

Den forventede miljøbelastning fra galvanisk produktion kan klassificeres som vist næste side, idet de væsentligste områder er fremhævet med fed skrift.

Det vil være rimeligt at udvikle nøgleparametre for forbrug af vand og elektricitet, idet nøgleparametre for el-forbruget bør afspejle fordelingen: metaludfældning, badopvarmning, maskiner og andet. Elektricitetsforbruget til metaludfældning er en direkte indikator for produktionens størrelse, idet den elektrokemiske ækvivalent giver udfældet metalmængde pr amperetime for et strømudbytte på 100 pct.

Den største miljøbelastning kommer fra spildevand, filterkager og bortskaffelse af brugte procesbade. Der skal udvikles nøgleparametre herfor.

**Tabel 1**

*Forventet miljøbelastning fra galvanobranchen. De væsentligste belastningsformer er fremhævet med fed.*

Belastet område: Kategori:		det ydre miljø	arbejdsmiljøet	sikkerheden
emission:	gasformig	syredampe, nitrose gasser aerosoltåger	syredampe, nitrose gasser aerosoltåger	'blåsyre'ka- tastrofe
	væskefor- mig	<b>spildevand med:</b>  * tungmetaller * cyanider * næringssalte		
		<b>flydende af- fald:</b>  * brugte bade  * olie fra af- fedtning	eksponering med kemikalier	kemikalie- håndtering  kemikalie- opbevaring
	fast affald	<b>tungmetalhol- dige filterka- ger</b>	tung håndtering	
ressour- cer:	elektricitet	<b>metaludfæld- ning</b>  <b>badopvarm- ning</b>	<b>ventilatorer, mv</b>  <b>rumopvarm- ning</b>	eksplosion af knaldgas
	vand	<b>procesvand, skyl</b>  rengøring	sanitetsvand	

### 3.1.2 Driftsrelaterede nøgleparametre

Driftsrelaterede nøgleparametre for løngalvanisører udledes ved studium af data fra 4 ansøgninger om kapitel 5 godkendelse. De udledte nøgleparametre forfines ikke for nærværende med henblik på virksomhedens styring og egenkontrol. Nøgleparametrene relateres i stedet mod evnen til at beskrive virksomhedens miljøbelastning til gavn for eksterne interessenter. Særkendet for virksomhederne i nærværende analyse er:

- løngalvanisører med en blandet produktion
- medarbejderantal mindre end 10 stk.
- årsomsætningen mindre end 5 mio dkr.

### Energiforbrug

Det første sæt nøgleparametre udvikles omkring de galvaniske virksomheders forbrug af energi. Der tages udgangspunkt i fordelingen af elfor-

bruget hos de analyserede virksomheder. Totalforbruget var ca. 400 MWh/år. Lasten på anlæggene var ca. 30 % af maksimal kapacitet. Vi har intet datagrundlag, der beskriver forholdene ved 100 %, hvorfor tabellens tal for 100 % last er beregnede. Totalforbruget af el stiger ikke, hvis ensretterne står på produktionsarealet, idet spildvarmen da erstatter rumopvarmning og procesvarmen erstatter badopvarmningen. Det vil undertiden være nødvendigt at køle procesbadene, hvorved det samlede energiforbrug vil stige. Der ses bort herfra i analysen. Placering af ensretterne indendøre er det mest normale, hvorfor nøgletalsanalysen baseres herpå. Elforbruget fordeler sig som vist i tabel 2.

**Tabel 2**

*Typisk fordeling af elforbrug i en galvanisk virksomhed*

El-forbrug i galvano:	30 % last	100 % last
<b>metaludfældning, % af total el-forbrug</b>	<b>15</b>	<b>45</b>
- til reduktion af metal, fordelingsfaktor	0.25	0.25
- varme i ensretter, fordelingsfaktor	0.75	0.75
<b>badopvarmning, % af total el-forbrug</b>	<b>15</b>	<b>5</b>
- i produktionstiden, fordelingsfaktor	0.5	0
- om natten, fordelingsfaktor	0.5	1
<b>maskiner, % af total el-forbrug</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
- ventilatorer	0.8	0.8
- andet	0.2	0.2
<b>rumopvarmning, % af total el-forbrug</b>	<b>30</b>	<b>10</b>

*Energiforbrug til rumopvarmning bør måles*

Energiforbruget til rumopvarmning ser ud til at ligge på 10-30 pct af det totale energiforbrug, når virksomheden ellers producerer. Energiforbruget er ca. 50 % større end for et parcelhus; (se bilag 2). Måden, hvorpå rumopvarmningen foretages, varierer med energikilde og anlæggets aktuelle belastning (se ovenfor).

En af virksomhederne brugte gas til rumopvarmning. Dette gav sig udslag i en reduktion af elforbruget svarende til 30 % af totalforbruget ved en last på 30% af anlæggets max kapacitet. Fordelingen mellem metaludfældning, badopvarmning og maskiner var uændret.

Elforbruget til badopvarmning udgør 5-15 pct af det totale energiforbrug. Den krævede energi afhænger af badets driftstemperatur, der igen er underlagt badets fysisk-kemiske egenskaber. Det kan være nødvendigt at køle badet, hvis anlægget kører ved fuld last.

*Energiforbrug til maskiner bør måles separat*

Elforbruget til maskiner (excl. ensrettere) er ret konstant ca. 40 pct af det totale energiforbrug. Ventilatorerne forbruger ca. 4/5 heraf. Det konstante el-forbrug åbner op for mulige besparelser, idet forklaringen må være, at ventilationen kører, selv om produktionen er stoppet.

*Der bør være amperetime-tællere på ensrettere*

Elforbruget til metaludfældning udgør 15-45 pct af det totale elforbrug, men varierer ganske betragteligt med produktionens størrelse, badtype, belægningstype og udfældet metalart. Metallerne tilføres som metalanoder eller metalsalte, der tilsættes badene. Producenten bør registrere forholdet mellem indkøbt metal henholdsvis indkøbte kemikalier og den på produktet udfældede metalmængde.

3/4 af el-forbruget til plettering ender som varme i ensretterne, mens kun 1/4 overføres til badet. Heraf bruges 10 - 100% til metaludfældning, mens resten forårsager spaltning af vand. Fordelingen kaldes strømudbyttet. Strømudbyttet eller badeffektiviteten er underlagt badets fysisk-kemiske egenskaber og varierer betragteligt med forskellige badtyper.

*Produktionen fra en typisk løngalvanisør*

Produktionen fra en typisk løngalvanisør kan beregnes til 5.000 - 50.000 m<sup>2</sup> overflade per år; (se bilag 2). Det faktisk producerede areal kan afvige med en faktor 10 fra det resultatet, der beregnes ved anvendelse af det i bilag 2 udviklede formelsæt.

Forzinkning og forchromning er de mest almindelige overfladebelægningstyper. I praksis foretages forchromning altid på en forniklet overflade. 25% af pletteringsenergien går til udfældning af nikkellaget, mens 75 % går til selve forchromningen.

De uafhængige nøgleparametre bag det producerede overfladeareal er ordremængden, belægningstypen og tildels lagtykkelsen af det pletterede metallag. Badspænding og -effektivitet varierer betragteligt. Følgende typiske lagtykkelser kan bruges ved vurdering af metal-forbruget:

- 7 µm Ni
- 0.2-1 µm Cr
- 10-12 µm Zn

*Driftsrelaterede nøgleparametre for galvanobranchen*

*Udsløb; 1-3 ml/dm<sup>2</sup>*

Den væsentligste forurening fra galvanisk produktion stammer fra udsløb af procesbadets kemikalier. Der udslæbes typisk 1 → 3 ml/dm<sup>2</sup> overflade, afhængig af emnernes geometri (TI-kemiteknik 1979). Multipliseres væskemængden med badkoncentrationen, er det muligt at estimere udslæbets størrelse. Usikkerheden varierer med +/- 100 %. Tallene i tabel 3 baseres på typiske badkoncentrationer som: chrom (100 g/l), nikkel (100 g/l) og zink (20 g/l) (Miljøstyrelsen 1992a).

*Tilbageføring i pct. ved:*

- sparskyl: 30-50
- modstrømsskyl: 70-95

Udsløb tabes eller genvindes afhængig af producentens indsats. Hvis virksomheden anvender sparskyl og/eller modstrømsskyl tilbageføres en del til procesbadet. Ved sparskyl genvindes ca. 30 → 50 %. De typiske værdier for modstrømsskyl ligger på 70 → 95 %. Tilbageførslen stiger jo varmere procesbadet er, idet den tilbageførte væskemængde kompenserer for fordampningen. Nikkelbade kører typisk ved 50 °C, glanschrombade ved 38 °C og zinkbade fra 20 → 50°C. Tabel 3 baserer sig på disse tal.

*Metalhydroxidfældning, %:*

- ud som filterkage: 95
- ud med spildevand: 5

De tabte tungmetaller fældes som metalhydroxidslam eller fjernes direkte med spildevandet alt afhængig af, om virksomheden har fældningsanlæg eller ej. Koncentrationen i spildevandet fra fældningsanlægget er max 2 mg/l for en velfungerende rensning. Cirka 95% af tungmetallerne fjernes

som metalhydroxidslam ved et traditionelt skyllevandsforbrug svarende til en fortyndingsfaktor på 1.000 → 10.000 i selve produktionen.

#### *Miljøbelastningen fra den typiske løngalvanisør*

Følgende skema giver en idé om miljøbelastningen fra en typisk løngalvanisør. Data er udledt på basis af 3 forskellige miljøgennemgange. Tallene vil variere med mindst +/- 100 %. Tallene er afprøvet mod data fra et norsk forzinker, der producerede 360.000 m<sup>2</sup> overflade/år. Slamproduktionen herfra var opgjort til 21 ton/år. Beregning i henhold til tabellen giver 20.5 ton/år. Overensstemmelsen er nok usædvanlig.

**Tabel 3**  
*Tungmetaludledning fra en typisk løngalvanisør*

Basis = 50.000 m <sup>2</sup> /år	Maximalt metaltab					
	zink		nikkel		chrom	
	kg/år	kg/m <sup>2</sup>	kg/år	kg/m <sup>2</sup>	kg/år	kg/m <sup>2</sup>
udslæbt	300	0.006	1000	0.02	1000	0.02
tilbageført	100	0.002	700	0.014	500	0.01
tabt, *)	200	0.004	300	0.006	500	0.01
fældet metal	190	0.0038	285	0.0057	475	0.0095
i spildevand	10	0.0002	15	0.0003	25	0.0005
som filterkage (10wt% MeOHx)	2850	0.057	4500	0.09	9400	0.188

\*) Producenten bør have en nøgleparameter, der viser forholdet mellem købt metal og metal-på-produktet. Det til hørende nøgletal viser effektiviteten. Det tabte metal kan fjernes ved ionbytning. Løsningen er endnu ikke særlig udbredt. I stedet fældes metallet som metalhydroxid.

Tabellens tal er kvalificerede skøn, der er beregnet som vægtede gennemsnit af aktuelle målinger og måleværdier fra litteraturen.

Det relevante tal for miljøbelastningen afhænger af den faktiske anlægsopbygning. Det vil være relevant at klassificere anlæg efter kriterier som:

- har virksomheden sparskyl?
- har virksomheden modsstrømsskyl?
- har virksomheden metalfældningsanlæg?
- hvor gammelt er anlægget? (indikator for BAT)

#### *Typisk vandforbrug: 3-4 m<sup>3</sup>/time*

Lad os vende blikket mod løngalvanisørens vandforbrug. Datamaterialet (fem stk. miljøgennemgange) viser, at vandforbruget typisk er på 3 → 4 m<sup>3</sup>/time uanset produktionens størrelse. Det må tages som et udtryk for, at virksomheden åbner for vandet ved produktionens start og lukker igen ved arbejdstids ophør. En af virksomhederne lukker tilsyneladende kun for vandet i weekenden og ferierne. Vandforbruget er i praksis en fri parameter, der kun synes begrænset opadtil af produktionstiden samt vandrørens størrelse.



De nedslidte bade bortskaffes normalt via Kommune Kemi. Pletteringsbadene har en lang levetid (større end 1 år), mens affedtning og dekarpering/bejdsning hyppigt lever i 3 måneder. Datamaterialet viser, at de små løngalvanisører typisk bruger 1 ton ludaffedter per år. Forbruget af lud til renseanlægget vil være omkring 0.2 kg/m<sup>2</sup>overflade, mens forbruget af syre forventes at have en tilsvarende størrelse. Det vides ikke om det specifikke forbrug af syre og lud er repræsentativt.

### 3.1.3 Miljøparametre på virksomhedsniveau

Analysen i forrige afsnit angiver, at den enkelte producents miljøbelastning højst kan estimeres med en nøjagtighed på en faktor 10 ved anvendelse af kvalificerede skøn, der ikke er tager hensyn til individuelle karakteristika så som: belægningstype, emnegeometri, aktuel badsammensætning, aktuel produktionsmængde og lignende.

**Tabel 4**

Nøgleparametre for en galvanisk virksomhed

Nøgleparameter:	Indikator for:	Relation:
produktionsarealet, m <sup>2</sup>	den totale anlægskapacitet	$A_{\max} = K_{\text{indv}} \cdot \text{Last} \cdot \text{El}_{\text{tot}}$
forbrug af anode-metal og metalsalte, kg/år	udnyttelse af anlægskapaciteten samt fordeling af produktionen	
el-forbrug, totalt, kWh/år	faktisk produceret overfladeareal i m <sup>2</sup>	$A_{\text{act}} = f(K_{\text{bad}} \cdot \text{Strøm}_{\text{bad}})$
badspecifik forbrug af strøm, Ah/år		
badspecifik lagtykkelse, µm		
badsammensætning, tung-metal, g/l	type af potentiel forurening mængde af potentiel forurening	$\text{Tab} = K_{\text{geo}} \cdot C_{\text{bad}} \cdot A_{\text{act}} \cdot f(\text{BAT})$
måling af udslæb, ml/dm <sup>2</sup> overflade		
skylleteknologi; spray-, spar-, modstrøm-	den aktuelle forurening og dens fordeling i slam og spildevand	$\text{Typisk}_{\text{forbrug}} = 4 \text{ m}^3/\text{time}$
anlægsteknologi; rensning, ionbytning, BAT		
forbrug af vand, totalt, m <sup>3</sup> /år		

Symbolerne har følgende betydning:

A <sub>max</sub>	den maksimale kapacitet i m <sup>2</sup> overflade/år
K <sub>indv</sub>	en individuel konstant, der afhænger af de faktiske produktionsfaciliteter
Last	virksomhedens last i % af maximal kapacitet
El <sub>tot</sub>	virksomhedens totale energiforbrug i kWh/år
A <sub>act</sub>	den faktiske kapacitet i m <sup>2</sup> overflade/år

K,bad	en konstant, der afhænger af badtype
Strøm,bad	Badets amperetimedforbrug pr år
f(K,Strøm)	en funktion, der afhænger af produktionsforløbet
Tab	Tabt metal (= forurening) i kg/år
K,geo	en konstant, der afhænger af emnegeometri og ophæng
C,bad	koncentration af stof i badet, g/l
f(BAT)	en funktion, der afhænger af skylleteknik og renere teknologi. Funktionen afgør udledningens forekomst

Det er givet, at den enkelte producent kan opstille nøgleparametre, der kan bruges til styring af driften. Antallet af parametre, der indgår i nøgletalsudtrykkene, er ganske stort. Parameterværdierne varierer producenterne imellem, men er i stor udstrækning konstant for den enkelte virksomhed. Det er kun muligt at beskrive galvanisørens miljøbelastning med en rimelig nøjagtighed, hvis producenten er indstillet på at medvirke. Galvanisøren skal i så fald give oplysninger om parametrene angivet i tabel 4.

#### *Galvanobranschens miljøbelastning*

##### **3.1.4 Miljøparametre på brancheniveau**

Galvanobranschens miljøbelastning kan i bedste fald estimeres med en nøjagtighed på en faktor 10 på nærværende grundlag. Aktiv medvirken fra galvanisørerne er påkrævet for at få et mere nøjagtigt billede. Sammenligning mellem forskellige galvanovirksovershede miljøpåvirkning er om muligt behæftet med endnu større unøjagtighed. Sammenligningen af virksomhederne indbyrdes på basis af generelle data bliver rent gætværk.

#### *Forudsætninger for estimeringen*

Den store usikkerhed skal naturligvis ikke afholde os fra at give et bud på branchens miljøbelastning. Forudsætningerne for denne estimering er beskrevet i det følgende. Kontrolleret afgiftning og/eller bortskaffelse af brugte procesbade er ikke medtaget pga. badenes lange standtid. Det teknologiske niveau er fastlagt ud fra Dansk Galvanisør Unions-undersøgelsen, hvor 62 galvaniske virksomheder, heraf 51 løngalvanisører og 11 galvanoafdelinger, svarede på det udsendte spørgeskema. Det anslås at der i alt er ca. 100 virksomheder, der udfører galvanisk overfladebehandling. Detaljresultater fra undersøgelsen findes i bilag 3 og 4.

Det forudsættes desuden, at alle galvanisører kan opfattes som løngalvanisører. Disse producerer typisk 50.000 m<sup>2</sup>overflade per år per virksomhed. Det forudsættes, at branchen kun udfører forzinkning, fornikling og glansforchromning. Koncentration af tungmetal i procesbadene samt den udfældede metalmængde varierer naturligvis. Det kvalificerede skøn i afsnit 3.1.2, tabel 3 er brugt som basis. Spørgeundersøgelsen gennemført under DGU-projektet gav os kendskab til virksomhedernes teknologiske stadi, hvilket har resulteret i følgende skylletekniske profil som basis for estimeringen af miljøbelastningen:

- 70% spæder med sparskyl
- 55% har modstrømsskyl
- 62% har fældning
- 7% har BAT

Forudsætning for estimeringen er endelig, at de udslebte tungmetaller føres delvis tilbage til proceskarret. Resten tabes til omgivelserne enten direkte med spildevandet eller som filterkage fra metalhydroxidfæld-

ningen. Effektiviteterne benyttet i beregningerne er erfaringstal. Bilag 3 indeholder diverse tal benyttet ved estimeringen.

#### *Resultater af estimeringen*

Branchen udleder ca. 3 ton tungmetal/år direkte med spildevandet. Desuden producerer branchen omkring 2.000 ton metalhydroxid filterkager per år. Det tilsvarende tal for Japan er 100.000 ton/år. Japan har ca. 3.000 galvanovirksomheder.

Beregningerne viser, at belastningen kan reduceres med 30 - 40 pct, hvis løngalvanisørerne opnår det samme teknologiske stade som galvano afdelingerne. Beregningerne viser ligeledes, at renere teknologi i alle virksomheder vil reducere den producerede slammængde til 40 ton/år.

Branchens mest forurenende virksomhed vil udlede omkring 2.300 kg tungmetal årligt direkte med spildevandet, mens den reneste virksomhed vil skulle opsamle og genvinde ca. 100 kg tungmetal per år. Emissionen fra denne virksomhed vil stort set være nul. Disse tal svarer til miljøbelastningen, når 100% af udslæbet tapes, henholdsvis når 95% af udslæbet tilbageføres og de resterende 5% opsamles ved ionbytning.

Branchens årlige vandforbrug er estimeret til ca. 1 mio m<sup>3</sup>vand. Dette tal kan halveres ved good house keeping. Vandudledningen kan reduceres med mindst 95% ved anvendelse af BAT. Det årlige el-forbrug er estimeret til ca. 40 GWh/år. Start/stop ure på ventilatorer og varmelegemer til badopvarmning vil kunne halvere forbruget.

### **3.2 Nøgleparametre i varmforzinkning**

#### *Varmforzinkernes særkende*

#### **3.2.1 Særkende og forventede miljørelationer**

Varmforzinkere lægger et korrosionsbeskyttende zinklag på stål ved at neddykke stålemnerne i smeltet zink. Det typiske produktionsforløb indeholder affedtning, aktivering, dypning i zinksmelte samt afkøling. Produktionen gennemføres ved sekventielt neddykning i åbne kar med alkalisk affedter, skyllevand, saltsyrebejdse, flusbad med zinkklorid og ammoniumklorid, tørring i ovn samt neddykning i smeltet zink. Normalt køles ved naturlig luftcirkulation.

Teknisk set er erhvervets særkende, at processerne er giftige, ætsende trykløse og kolde, bortset fra zinksmelten, der typisk er ca. 460 °C. Energiforbruget til at holde zinkgryden i kog er stort. Vandforbruget er ganske beskedent og bruges i praksis til at kompensere fordampningen fra affedtning og bejdning. Processen kendetegnes af tre sidereaktioner:

1. Opløst jern fra godset skal løbende fjernes fra flusbadet som jernhydroxid og fra zinksmelten i form af en jern-zink legeringen, der hedder hårdzink.
2. Overfladen på zinkbadet oxideres løbende af luftens ilt. Der dannes en hinde, der kaldes zinkaske. Zinkasken skræbes af overfladen lige før neddykning af godset.

3. Den sidste reaktion er sublimation af flusmidlet ammoniumklorid. Røgen opstår, når godset dyppes i zinkgryden, eller når godset oversprøjtes med NH<sub>4</sub>Cl-opløsning mhb på en pæn finish.

Miljøbelastningen fra varmforzinkning består af røg fra zinkgryden. Røgen indeholder ammoniumklorid og zink. Der produceres desuden fast affald i form af hårdzink, zinkaske og jernhydroxidslam fra flusbadsgenvinding eller fra afgiftning af bejdse og flusbad. Alternativt bortskaffes affedtere, bejdse og flusbad som flydende affald via Kommune Kemi. Spildevandsudledningen fra branchen er på det nærmeste elimineret. Det høje energiforbrug giver indirekte luftforurening via kraftværkerne.

**Tabel 5**

Forventet miljøbelastning fra varmforzinkning

Belastet område: Kategori:		det ydre miljø	arbejdsmiljøet	sikkerhed
emission	gasformig	røg fra zinkgryden med: * saltsyre dampe * ammoniak dampe  støvpartikler i røg: * ammoniumklorid * metallisk zink * zinkoxid * zinkklorid	<b>voldsom røgudvikling</b>  <b>partikler i indåndingsluft</b>  varmt gods	<b>zinkgrydens layout</b>
	væskeformig	zink i spildevand zink i overfladevand		
	fast affald	flydende affald: brugte bade som * alkaliske affedtere * affaldssyre	ætsende kemi	kemikalie lager
		filterkager hårdzink zinkaske	tung håndtering <b>direkte kontakt med zinksmelte</b>	<b>zinkgrydens layout</b>
ressourcer	elektricitet	<b>opvarmning af zinkgryde</b> tørring	ventilatorer, mv rumopvarmning	
	vand	procesvand rengøring	sanitetsvand	

*Forventet miljøbelastning fra varmforzinkere*

Den forventede miljøbelastning fra varmforzinkerne kan klassificeres som vist i tabel 5, idet de væsentligste områder er fremhævet med fed skrift.

Branchens miljøforhold er iøvrigt beskrevet på glimrende vis i Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 3, 1993; Brancheorientering for varmforzinkingsindustrien, (Miljøstyrelsen 1993c).

Det er nødvendigt at kende zinkforbruget for at kunne beregne godsmængden. Der kan laves nøgleparametre herfor. Tilsvarende er nøgleparametre for energiforbrug og produktion af fast affald nødvendige. Støvproduktion og røggassammensætning skal ligeledes kunne estimeres.

### 3.2.2 Driftsrelaterede nøgleparametre

#### Nøgleparametre for varmforzinkerne

Varmforzinkning foretages efter en veldefineret proces. Det teknologiske niveau er relativt homogent hos varmforzinkerne. De driftsrelaterede nøgleparametre er derfor kendte for branchen. Varianter forekommer naturligvis på det detaljerede niveau. Nøgleparametrene er som følger, idet typiske værdier for branchen findes i kolonnen til højre:

Zinklagets tykkelse	100 - 400 $\mu\text{m}$ /ton gods
Zinkforbrug	70 - 100 kg/ton gods
Koncentreret saltsyre	20 - 40 kg/ton gods
Flusmiddel ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )	1 - 2 kg/ton gods
Total energi	300 - 900 kWh/ton gods
Produktion af hårdzink (3% Fe, 97% Zn)	3-10 kg/ton gods
Produktion af zinkaske ( $\text{ZnO}$ )	15-25 kg/ton gods
Produktion af filterkage (14% Fe)	3-5 kg/ton gods
Produktion af affaldssyre	15-50 kg/ton gods
Produktion af flusaffald	1-4 kg/ton gods
Produktion af kasseret affedterbad	1-2 kg/ton gods

Varmforzinkerens bør styre sin produktion efter disse nøgleparametre, idet energiforbruget måles og mængden af indkøbte råvarer registreres. Tallene sammenholdes med produktionen, der måles i vægt.

### 3.2.3 Miljøparametre på virksomhedsniveau

Denne diskussion er gennemført af Flemming Dahl, MiljøKemi og publiceret som Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 3; *Brancheorientering for varmforzinkningsindustrien*, hvorfor der henvises hertil for detaljer.

Støvproduktionen ved neddykning af gods i zinksmelten ligger på 40 - 600 g/ton gods. Støvmængden hænger nøje sammen med forbruget af flusmidler. Tyske undersøgelser viser, at støvemmissionen er omkring

flusmiddel	støvemmission	
2 kg	0,2-0,3 kg	pr ton produceret gods
4 kg	1,2 kg	pr ton produceret gods

Støvet indeholder typisk 20 - 35 wt% metallisk Zn. Luftafkastet angives til 20.000 - 40.000  $\text{m}^3$ /ton gods. Producenten bør føje en måling af doseret flusmiddel til listen over nøgleparametre.

Ståltipe og jernforureningen i zinksmelten har en afgørende betydning for zinklagets tykkelse. Richard P. Krepski, Consulting Materials Scientist,

Georgetown, (Krepeski, R.P., 1989) har vist, at zinkforbruget kan øges med op til 36 % på grund af disse faktorer. Jernindholdet i flusbadet bør styres for at minimere forbruget af zink.

### 3.2.4 Miljøparametre på brancheniveau

#### *Varmforzinkernes miljøbelastning*

Varmforzinkningsbranchen i Danmark består af 20 virksomheder ifølge formanden for Foreningen af Danske Varmforzinkere. Varmforzinkerne i Herning skiller sig ud med hver ca. 200 ansatte. De øvrige har 20 ansatte i snit. Den samlede tonnage, der varmforszinkes er ca. 100.000 ton gods per år. Zinkforbruget udgør 10.000 ton/år. Branchens miljøbelastning fra den primære produktion bliver da:

Zinkforbrug	10.000 ton/år
Koncentreret saltsyre	4.000 ton/år
Flusmiddel (NH <sub>4</sub> Cl)	200 ton/år
Total energi	90 GWh/år
Produktion af hårdzink (3% Fe, 97% Zn)	1.000 ton/år
Produktion af zinkaske (ZnO)	2.000 ton/år
Produktion af filterkage (14% Fe)	500 ton/år
Produktion af affaldssyre	5.000 ton/år
Produktion af flusaffald	400 ton/år
Produktion af kasseret affedterbad	200 ton/år
Støv fra zinkgryde	30 ton/år

Flusbadsgenvinding er den mest iøjnefaldende renere teknologi løsning, men er endnu kun indført hos 20 - 25 % af virksomhederne på trods af de indlysende økonomiske og produktionstekniske fordele.

### 3.3 Nøgleparametre for organisk overfladebehandling

#### 3.3.1 Særkende og forventede miljørelationer

Ved overfladebehandling er her forstået påføring af en organisk belægning efter forudgående forbehandling af metalliske underlag.

#### *Delprocesser i overfladebehandling*

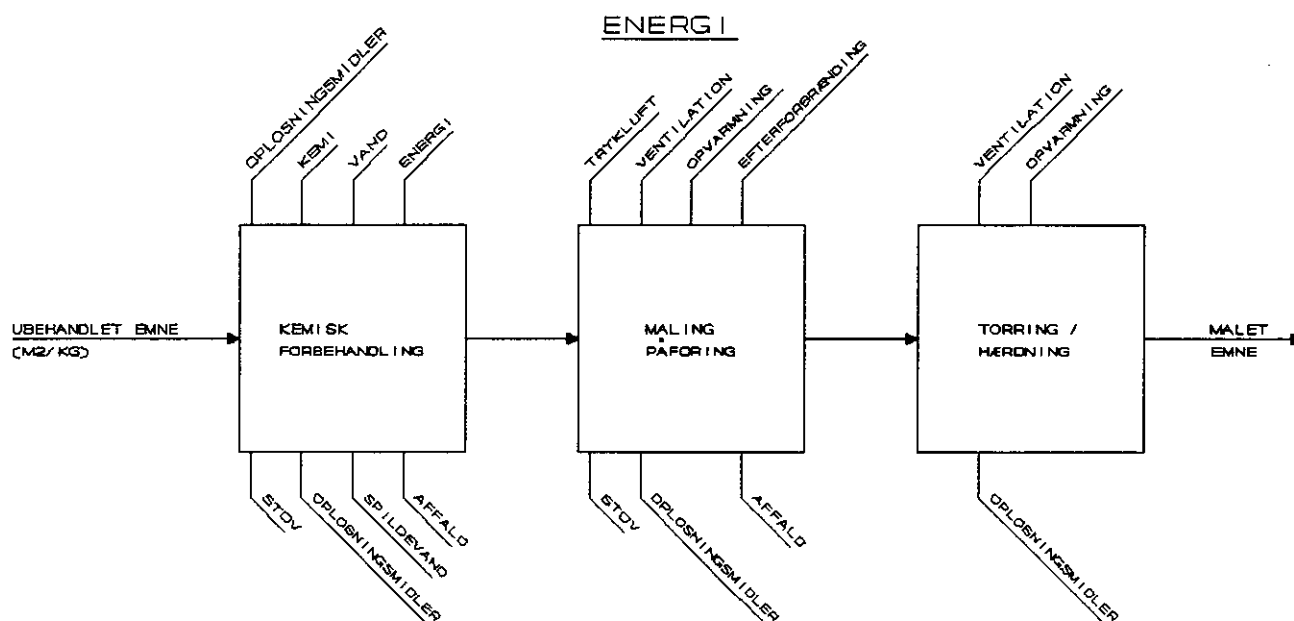
Overfladebehandling vil være sammensat af større eller mindre dele af følgende delprocesser (se også figur 6):

- kemisk forbehandling
- evt. mekanisk forbehandling
- påføring af ét eller flere lag maling
- tørring/hærdning

Der ønskes hermed opnået en ændring af overfladens fysiske og kemiske egenskaber, herunder bl.a. kulør og korrosionsbeskyttelse.

Processen udføres ved hjælp af udstyr og anlæg spændende fra simple manuelle til avancerede, fuldautomatiske, kontinuerligt arbejdende typer. De opnåede tekniske egenskaber, miljøbelastning og ressourceforbrug vil afhænge af de valgte processer og materialer.

**Figur 6**  
*Input/output fra organisk overfladebehandling*



### *Kemisk forbehandling*

Kemisk forbehandling kan have flere effekter på overflader:

- en rensende virkning, hvorved såvel olie, fedt som smuds og andre urenheder fjernes
- en ætsende/opløsende virkning, hvorved der sker en ændring i overfladens tilstand
- en opbyggende virkning, konversionseffekt.

Kemisk forbehandling sker enten ved dypning eller spuling under forskellige tryk eller påvalsning afhængig af proces. Overfladen vil efter behandlingen fremstå kemisk ren med en profil, der stort set svarer til underlagets oprindelige struktur. Der er herved skabt grundlag for vedhæftning af en malebehandling. For konversionslag er der yderligere tale om en passivering af overfladen.

### *Maling påføring*

Påføring af organiske belægninger foretages for at opnå korrosionsbeskyttelse og for at give overflader en given glans og kulør. I nogle tilfælde ønskes mere specifikke egenskaber opnået, f.eks. ændret friktion, overfladestruktur, varmetransmission, elektriske egenskaber eller rengørighed. Påføring af maling kan ske ved:

- sprøjtning
- dypning
- valsning (foretages kun ganske få steder i Danmark)

For at øge overførings effektiviteten kan malingpartiklerne oplades, både i forbindelse med sprøjte- og dyppeprocesser. Påføringen sker i et til formålet egnet anlæg, som består af enheder for påføring (sprøjteboks)/-transport/håndtering/tørring/hærdning. Den fremkomne overflade vil være afhængig af påføringsmetode og materialevalg.

## Tørring/hærdning

Tørring/hærdning kan ske ved konvektionsopvarmning og/eller IR-opvarmning.

Miljømæssigt er organisk overfladebehandling karakteriseret ved:

- emission af fordampelige stoffer (opløsningsmidler) til atmosfæren
- emission af støv (fra pulvermalinger)
- vandopløselige stoffer i afløb fra forbehandlingsprocesser
- fast og flydende affald, indtørrede malingrester og spild fra påføringsoperationer i form af forbisprøjtet maling samt fra forbehandlingsprocesserne
- stort ressourceforbrug i form af vand og el/gas.

**Tabel 7**

*Forventet miljøbelastning fra org. overfladebehandling*

Belastet området: Kategori:		det ydre miljø	arbejds miljø	sikkerhed
emission	gasformig	<b>organiske opløsningsmidler</b>  aerosoltåger	<b>organiske opløsningsmidler</b>  aerosoltåger	brand og eksplosion
	væskeformig	<b>spildevand med:</b> - fosfater - tensider - silikater - olie  <b>flydende affald</b>  <b>brugte bade</b>	eksponering med kemikalier og lavmolekylære stoffer	kemikaliehåndtering
	støv	pulvermaling sprøjtet støv	pulvermaling sprøjtet støv	støvekspllosion
	fast affald	<b>malingslam</b> <b>tungmetalholdigt filter-slam</b>	tung håndtering	kemikaliehåndtering
ressourcer	elektricitet/gas	<b>badopvarmning</b>  <b>ventilation</b>	pumper  varmetab fra overflader	
	vand	<b>procesvand, skyl</b>		

Den forventede miljøbelastning kan klassificeres som vist i tabel 7, idet de væsentligste områder er fremhævet med **fed skrift**.



### 3.3.2 Driftsrelaterede nøgleparametre

Ud fra tabel 7 vil det være rimeligt at vurdere nøgleparametre for

- materialeforbrug
- vandforbrug
- affald
  - gasformig
  - væskeformig
  - fast affald
- spildevand
- energiforbrug

alt set i relation til antal producerede m<sup>2</sup> eller kg gods (specifikt forbrug).

### 3.3.3 Miljøparametre på virksomheds- og brancheniveau

I tabel 8 er angivet nøgleparametre i intervaller som skønnes at være gældende for mindst 75% af danske virksomheder. De store udsving, der er mellem de enkelte virksomheders forbrug og dermed miljøbelastning, hænger sammen med, at branchen er sammensat af et meget bredt spektrum af virksomheder, spændende fra små virksomheder med lav teknologi over virksomheder med forældede anlæg til moderne automatisk styrede produktionsanlæg, hvor renere teknologi er i højsædet. Branchen er kendetegnet ved, at den bemannes med ufaglært arbejdskraft. Det er først de senere år, at der på AMU-centrene er etableret mulighed for kortere varende uddannelser.

#### *Forbehandling*

For affedtningsprocesser viser målinger udført ved drift af praktisk arbejdende anlæg, at der kan konstateres meget store forskelle mellem de specifikke energiforbrug for forskellige anlægstyper og inden for hver type. Udsvinget mellem det mest økonomiske og mindst økonomiske anlæg er således 13 gange.

Forudsat fuld kapacitetsudnyttelse forbruger et trianlæg for gennemløb af emner samme mængde energi som industrielle vaskemaskiner og mindre anlæg for jernfosfatering i 3 trin. Anlæg for jernfosfatering i 5 trin forbruger mere energi. Til gengæld er vandforbruget væsentlig lavere end for et anlæg i 3 trin.

Emissionen af chloreret opløsningsmiddel fra trianlæg er generelt større end de vejledende grænseværdier i Miljøstyrelsens vejledning (Miljøstyrelsen 1990e).

Forbruget af vand i processer for vandig affedtning kan reduceres betydeligt ved en speciel indsats på dette område.

**Tabel 8**

Oversigt over nøgleparametre for forbrug ved de hyppigst forekommende processer ved organisk overfladebehandling

Miljøbelastning: Forbehandling:	Materialeforbrug	Vandforbrug	Affald Gas/Væske/Faststof	Spildevand	Energi- forbrug k- Wh/m <sup>2</sup>
Dampaffedtning med chlorerede kulbrinter (triaffedtning)	Trichlorethylen 1,6-250 g/m <sup>2</sup>	0,04 l/m <sup>2</sup> -25l (vandkøling)	Emission af tri 1-250 g/m <sup>2</sup>	Kun ved vandkølede anlæg	0,07-3
Vandig affedtning -alkaliske midler -jernfosfatering	10-50 g/m <sup>2</sup> (kemikaliekoncentrat)	5-50 l/m <sup>2</sup>	Slam Brugte bade (2-20 gange pr.år)	5-50 l/m <sup>2</sup> (rester af olie, forfater, tensider, ialt typisk 30 mg/l)	1,5-20
Konversionsbelægninger -zinkfosfatering -chromatering	2-5 g/m <sup>2</sup> 0,5-1 g/m <sup>2</sup>	20-25 l/m <sup>2</sup>	Brugte bade Slam	20-25 l/m <sup>2</sup> , heraf indhold af Zn, Mn, Ni, Cr, ialt typisk max. 5 mg/l	2-8
<b>Malingpåføring og hærkning:</b>					
Dypning/valsning	Vandig maling eller opl. maling: 75 g/m <sup>2</sup> (30μ)	-	Emission af opl. 5-35 g/m <sup>2</sup>	-	3-5
Elektrodypning	Vandig maling: 25 g/m <sup>2</sup> (20μm lagtykkelse)		Emission opl.midler: <3 g/m <sup>2</sup>	Ca. 1,5 l/m <sup>2</sup> , heraf ca. 2,4 g opl.midler	3-10
Våd sprøjtning	Opl.holdig maling Vandig maling Fortynder 160-250g/m <sup>2</sup> pr.lag (60μm)	-	Emission af opl., 50-150 g/m <sup>2</sup> Slam: 5-70% af tørstof i malingen	-	5-10
Pulversprøjtning	Pulvermaling (100% tørstof) ca. 130 g/m <sup>2</sup> pr.-lag(80μm)	-	Emission max. 5 mg støv/m <sup>3</sup> Affald: Pulvermaling 6-15 g/m <sup>2</sup>	-	3-5

### Malingpåføring

For maleprocesserne afhænger miljøbelastningen især af

- malematerialerne
- påføringsmetode
- emnesammensætning
- automatiseringsgrad.

Nedsættelse af emissionen kan gennemføres ved at erstatte konventionelle malematerialer (med ca. 55 vægt% opløsningsmidler i påføringsviskositet) med et af tre alternativer:

Disse er:  
Indhold af opløsningsmidler

Higher solids maling	max. 35 vægt%
Vandfortyndbare maling	max. 10 vægt%
Pulvermaling	max. 1 vægt%

Miljøvenlige malematerialer er generelt dårligere end de konventionelle, hvad angår evnen til at opfange og kompensere for urenheder på emnet eller lav overfladespænding på substratet. Rengøring og forbehandling af substratet letter befugtningen af emnet, fremmer jævn påføring overalt og øger generelt holdbarheden af malearbejdet. Det kan derfor ikke fremhæves nok, at et godt resultat med miljøvenlige maling forudsætter omhyggelig rengøring overalt, eventuelt og bedst suppleret med en forbehandling (ændring af overfladens affinitet).

## 4 Sammenligningskriterier på brancheniveau

### 4.1 Sammenligningskriterier for galvano og varmforzinkning

*Nøgleindex for uorganisk overfladebehandling*

Vi kan opstille kriterier for klassifikation af varmforzinkere og galvaniske virksomheder samt redegøre for tendenserne indenfor de forskellige klasser. Klassifikationen er foretaget på basis af virksomhedernes adfærd og processer. Det teknologiske stade klassificeres ved inddeling af virksomhedernes anlægsudstyr i 7 teknologiklasser.

- 1 rumudsugning, punktudsugning
- 2 luftrensning, vådskrubning, opsamling af spild, neutralisation, fældning, filterpresning, sandfilter
- 3 sprayskyl, sparskyl, spædning fra sparskyl, modstrømsskyl, afsaltet råvand, måling af forbrug
- 4 miljøvenlig kemi, vedligehold af procesbad & sparskyl, kul- & posefiltrering, special løsning
- 5 genvinding af metal/kemi/vand/varme, ionbytning, omvendt osmose, miljøstyring
- 6 elektrolyse, elektrodialyse, mikrofiltrering, ultrafiltrering, inddampning
- 7 andet

Arbejdet tager udgangspunkt i en for Dansk Galvanisør Union udført spørgeskemaundersøgelse vedrørende renere teknologi i branchen for uorganisk overfladebehandling. Vi har fået svar fra 106 virksomheder. Det udsendte spørgeskema findes i bilag 3 og 4 sammen med resultaterne. Hovedresultaterne findes i følgende skema, der desuden indeholder klassen 'anden uorganisk overfladebehandling'. Denne klasse dækker over: printfremstilling, elektropolering, fosfatering, chromatering af zink og aluminium, metalætsning samt fremstilling af dybtrykssvalser.

**Tabel 9**

*Virksomhedsantal og størrelse(antal ansatte) inden for uorganisk overfladebehandling*

Kategori:	a. længal- vano	b. galvano afd.	a+b galvano	c. varmfor- zink	d. anden uorg. ovfl.
antal virks.	51	11	62	14	30
antal ansatte	410	150	560	651*)	315
ansatte/virks.	8	14	8	46*)	11

\*) 2 varmforzinkere har tilsammen 405 ansatte. Udelades disse af beregningen findes ca. 20 ansatte pr. varmforzinker. de store varmforzinkere opfører sig miljømæssigt som de øvrige.

**Tabel 10**  
*Brugsprocent og relativudbredelse af renere teknologi løsninger*

Teknologi- klasser	ba %	i1	bb %	i2	bc %	i3	bd %	i4	mulig årsag til indsats:
1	74	74	100	100	58	58	72	72	krav fra arbejdstil- syn
2	37	88	42	100	42	100	31	74	krav til miljøhensyn
3	44	72	61	100	19	31	50	82	generelt anlægs- design
4	40	89	45	100	31	69	33	73	driftsøkono- mi
5	25	74	34	100	15	44	20	59	på forkant med miljøet
6	5	38	13	100	2	15	4	31	superforkant med miljøet
7	4	22	18	100	0	0	7	39	andet

Brugsprocenten (bx) angiver rt-løsningers udbredelse i kategori x(x=a,b,c,d jvf. tabel 9) målt som antal virksomheder, der bruger løsningen i forhold til det totale antal virksomheder i kategorien.

Index angiver rt-løsningernes relative udbredelse kategorierne imellem:

index1,i1 rt-anvendelse i løngalvano/rt-anvendelse i galvano afdelinger.

index2,i2 rt-anvendelse i galvano afdelinger/rt-anvendelse i galvano afdelinger

index3,i3 rt-anvendelse i varmforzinkning/rt-anvendelse i galvano afdelinger

index4,i4 rt-anvendelse i anden uorganisk overfladebehandling/rt-anvendelse i galvano afdelinger

Analysen viser, at antallet af medarbejdere hos løngalvanisører typisk er 8 personer, mens galvanoafdelingerne i snit har 14 ansat. Varmforzinkerne beskæftiger ca. 20 personer, bortset fra 2 virksomheder, der tilsammen har 400 ansatte. Anden uorganisk overfladebehandling beskæftiger 11 personer per virksomhed i snit. Undersøgelsen viser, at antallet af medarbejdere er uden betydning for miljøforholdene. Det er ikke muligt at fastslå indtjeningens betydning for benyttelsen af renere teknologi.

Skemaets brugsprocent er et mål for, hvordan diverse miljøløsninger er spredt i de enkelte kategorier. Det viser sig, at udsagningsforholdene er 100 % i orden hos de galvaniske afdelinger og 75 % i orden hos løngalvanisørerne. Knap halvdelen af de galvaniske virksomheder har faciliteterne i orden til rensning af spildevandet. Adfærden hos løngalvanisører og galvanoafdelinger er nogenlunde ens på dette punkt. Løsninger vedr. udsugning og rensning af spildevand er ikke på nogen måde lønsomme for producenten, hvorfor udbredelse af disse løsninger kun kan skyldes pres fra myndighederne, dvs. arbejds- og miljøtilsyn.

*Afdelingerne er længere med BAT end lønarbejderne*

Omkring en 1/3 af de galvaniske afdelinger er på forkant med renere teknologi, mens ca. 10-15 % er helt i front. Undersøgelsen afslører, at det ikke overraskende drejer sig om Danfoss, Grundfos og lignende. Løngalvanisørerne er bagud, når talen falder på brugen af renere teknologi.

Hos varmforzinkerne er brugen af renere teknologi markant mindre end hos galvanisørerne. Dette forhold kan fejlagtigt lede til den konklusion, at varmforzinkerne ikke er miljøbevidste. Dette er ikke tilfældet. Varmforzinkningsanlæg er generelt ret optimale i forhold til det ydre miljø. Flusbadsgenvinding findes i ca. 25 % af virksomhederne. 18 ud af branchens 22 virksomheder udleder ikke spildevand. Den renere teknologi er således allerede spredt 80 % i branchen for såvidt angår spildevand. Anlægsdesigneren har reelt indført renere teknologi løsninger, før begrebet blev kendt og accepteret. Anvendelse af renere teknologi siger således ikke nødvendigvis noget om virksomhedens miljømæssige performance. På luftsiden synes varmforzinkerne dog at have et problem.

Den resterende uorganiske overfladebehandling ligner løngalvanisørerne til forveksling for så vidt angår brugen af renere teknologi.

*Miljøstyrelsens RT-handlingsplan har haft effekt*

Skemaet indeholder også index, der er en sammenligning af renere teknologi spredningen brancherne imellem. Brancherne er delt i galvano (el-galvanisering og kemisk metaludfældning), varmforzinkning og anden uorganisk overfladebelægning, der omfatter printfremstilling, elektropolering, fosfatering, chromatering af zink og aluminium, metalætsning samt fremstilling af dybtrykssvalser. Index viser, at galvanobranschen er længst med at indføre renere teknologi, hvilket må tages som udtryk for, at Miljøstyrelsens renere teknologi handlingsplan har haft effekt.

Indexene viser, at galvanoafdelinger i virksomheder med anden produktion er længst med at indføre renere teknologi. Løngalvanisørerne følger kun med, så længe de stilles overfor krav fra arbejds- eller miljøtilsynet. Driftøkonomisk ligner galvanoafdelingerne og løngalvanisørerne hinanden, selv om sidstnævnte gruppe ikke er helt så effektive. Løngalvanisørerne falder igennem i forhold til afdelingerne, når emnet er renere teknologi. På anlægssiden er løngalvanisørerne også markant dårligere. Dette faktum skyldes sandsynligvis, at løngalvanisørernes anlæg er bygget ved knopskydning, mens galvanoafdelingerne er planlagt ud fra en helhedsbetragtning. Selve proceskemien er den samme i hele galvanobranchen.

Spredningen på produkttyper er stor og kan ikke bruges til klassifikation. En brugbar klassifikation kan foretages efter adfærd ved opdeling i afdelinger contra lønarbejde, efter branche og efter teknologisk niveau.

K.L.Engineering ApS har lavet mere end 20 miljøgennemgange på forskellige virksomheder så som raffinaderier, farmaceutisk industri, produktion af bindere til maling, garverier, printpladefremstilling, autoværksteder samt naturligvis galvaniske virksomheder.

Det er karakteristisk, at virksomheder på 10-15 personer ikke har nogen reel organisation, men derimod en direktør (= ejeren), der træffer alle beslutninger. I den type virksomhed er direktørens tid den begrænsende faktor. Direktøren har alt i hovedet. Han kender muligvis til renere teknologi, men kan sjældent afse tid til at realisere renere teknologi løsninger.

De store virksomheder med mere end 50 - 100 ansatte har en organisation, der bygger på arbejdsdeling og uddelegering af opgaverne. Opgaverne løses i henhold til husets retningslinier, der er indarbejdet som rutine. Det er typisk, at mange renere teknologi projekter findes, hvor den indarbejdede rutine ikke længere har hold i virkeligheden, men derimod i traditioner. Renere teknologi projekter medtages i investeringsplanerne på samme vilkår som almindelige investeringer, idet tilbagebetalingstiden dog ofte øges fra 2 til 3-4 år.

Vi må konkludere, at en frivillig udbredelse af renere teknologi primært afhænger af virksomhedens grad af organisation og sekundært af den renere teknologi løsnings lønsomhed. Udbredelse af renere teknologi i de små virksomheder viden reel organisation, afhænger således mere af myndighedskrav. Opdeling efter produkt og processer er irrelevant for brugen af renere teknologi.

#### **4.2 Sammenligningskriterier for organisk overfladebehandling**

*Ingen meningsfyldte index  
for organisk overflade*

Vi har søgt at systematisere data efter virksomhedernes produkter, processer og adfærd i den nævnte rækkefølge. Vi har ikke kunnet klassificere branchen på et aggregeret niveau, der samtidig tillod en retfærdig sammenligning af virksomhedernes miljøbelastning. Dertil spænder produkterne for bredt. Fokus i den efterfølgende beskrivelse ligger på opdeling af virksomheden i forskellige grupper (delbrancher) efter produkt.

Danske jernindustrielle virksomheder fremstiller et bredt sortiment af produkter. Virksomhederne er alle forskellige med individuel opbygning af produktionsanlæg og individuel valg af materialer og processer. Den enkelte virksomhed har mulighed for at indsamle nøgleparametre for overfladebehandlingsprocessen og vurdere disse med henblik på at undersøge mulighederne for at reducere miljøbelastningen. Der er imidlertid, som det fremgår af nedenstående, mange forhold der skal overvejes før nye materialer/processer eller ændringer af eksisterende kan iværksættes.

Fokuseres på malearbejdet (og maleanlæggene) og mulighederne for omstilling til renere teknologi på området, kan der på basis af 16 case stories, udskilles de i tabel 11 viste 4 hovedgrupper af produkter med visse fælles træk. Hertil kommer 3 mindre grupper med specielle kendetegn.

Krav nævnt i disse grupper angår alene overfladebehandlingen, og kravene omfatter både holdbarhed og æstetik. Holdbarhed gælder bestandighed overfor vejrlig og korrosive påvirkninger. Æstetiske krav er generelle krav til fejlfri glat overflade med ensartet glans og kulør, ofte kombineret med krav om mange glanstreng og mange kulører, samt eventuelt specielle kulørpåvirkninger (f.eks. polychromat metallic kulører).

Til hjælp for bedømmelsen af mulighederne i de enkelte grupper, for tilfredsstillende malearbejde med miljøvenlige malematerialer, bør følgende vurderes:

- kvalitetskrav til produkterne
- karakteristika for materialer og processer
- automatisering
- produktionsomkostninger
- markedsforhold

**Tabel 11**

*Organisk overfladebehandling opdelt efter produkter. 4 hovedgrupper og 3 mindre grupper*

	Hovedgrupperne:	Eksempler:
H1	Grovvarer - med mindre krav	Containere Landbrugsmaskiner
H2	Grovvarer - med større krav	Vejmaskiner Facadepartier (i metalprofiler)
H3	Finere produkter - med mindre krav	Ståltromler Radiatorer Ståltreoler Køleskabe Stålmøbler (stel) Lysstofarmaturer VVS-armaturer (professionelt brug)
H4	Finere produkter - med større krav	Lampeskærme Kontormaskiner Cykler VVS-armaturer (privat brug)

	De mindre grupper:	Eksempler:
M1	Produkter med varmføl-somme dele	Pumper Hydrauliske dele
M2	Produkter med bunden fremgangsmåde	Buskarrosserier
M3	Midlertidig behandling - med mindre krav	Ståldøre

Mulighederne for omstilling inden for de enkelte produktgrupper kan her-  
efter opgøres således:

*H1. Grovvarer,  
mindre krav*

Gruppen omfatter produkter, der fremstilles ved afkortning og sammen-  
svejsning af grovstål. Eksempler er containere og landbrugsmaskiner. Før  
malebehandling gøres typisk ikke de store anstrengelser for udglatning af



svejsesømme og svejsestænk, og almindelig rengøring. Der males ved dypning eller sprøjtning. Sprøjtning foregår på store sprøjtepladser eller i kombikabine (lastvognskabine). Emnehåndteringen på individuelle vogne er tung og besværlig. Der anvendes lufttørrende konventionelle malinger. Ovn-tørring er typisk for kostbar. Omstilling til andre materialer kan ske under følgende forudsætninger.

- a. Forbedret emnehåndtering, fortrinsvis med heavy duty overhængende conveyor
- b. Stærkt forbedret forbehandling, fortrinsvis ved en kombination af sandblæsning og fosfatering, overalt på emnerne
- c. Etablering af hærdeovne, eventuelt ved en kombination af infrarød stråling og konvektion (varmeoverføring med luft).

## *H2. Grovvarer, større krav*

Gruppen omfatter større metalemner, hvor der er betydelige krav til både glans- og kulørbestandighed og holdbarhed overfor korrosive påvirkninger. Eksempler er vejmaskiner og bærende facadestål til bl.a. glasbyggeri. Stålemner sandblæses og beskyttes typisk med et lag zink (zinkstøvmaling eller sprøjteforzinkning (metalsprøjtning)), inden der males med to-komponent konventionelle malinger med højeste glans- og kulørbestandighed. F.eks. kan bygningspartier i aluminium oparbejdes tilfredsstillende med polyester pulvermaling i såkaldt facadekvalitet.

Pulvermaling af stålemnerne kan gennemføres, hvis der findes en løsning på den hidtil teknisk umulige kombination af zink og termohærdende pulvermaling. Et udviklingsarbejde er nødvendigt.

I øvrige punkter a og c, H1 ovenfor.

## *H3. Finere produkter, mindre krav*

Hovedparten af produkterne i denne gruppe bør kunne oparbejdes med pulvermaling. Undtagelsen er ståltromler, hvor der kræves flerfarvepåføring og hurtigt kulørskift. Alfa og omega for et produkt af denne art er en højproduktiv påføringsautomat. Dette er indtil videre vanskeligt at opnå med andet end konventionelle ovntørrende malinger. Forsøges vandfortyndbar maling er der følgende barrierer:

- a. Der skal udføres jernfosfatering
- b. Airless (luftløs) forstøvning, som er nødvendig af hensyn til produktivitet og flerfarvepåføring, vil betyde ujævn påføring med (for) mange fejl.

For pladeradiatorer er efter udenlandsk forbillede gennemført omstilling til jernfosfatering ved spuling, dypning i vandfortyndbar grundmaling, og dækmaling ved sprøjtning med pulvermaling. Ståltreoler kan med specielt tilpassede sprøjteautomater males med tyndfilm pulvermaling. Materialebesparelser er vigtigt af hensyn til produktets konkurrenceevne. Eventuelt kan anvendes vandfortyndbar ovntørrende maling, hvis tykkelsen af malinglaget skal overholde specielt små tolerancer, f.eks. max. 25  $\mu\text{m}$ . Køleskabe oparbejdes med held med pulvermaling, specielt hos de mindre producenter. Jernfosfatering er obligatorisk. I større automatiske anlæg for køleskabe anvendes konventionelle malinger. På nogle af disse anlæg synes en rensning af afkastluft umiddelbart mere hensigtsmæssig end en

omstilling til andet malemateriale, jvf. nedenfor om strategi. For de resterende produkter i gruppen er pulvermaling det eneste og rigtige valg.

*H4. Finere produkter, større krav*

Af kvalitetsmæssige årsager oparbejdes produkter i denne gruppe alle med ovntørrende konventionelle malinger. Ved omstilling tænkes i første række på vandfortyndbare malinger, men kvaliteten er utilstrækkelig og usikker på grund af:

- Mange fejl ved påføringen
- Utilstrækkeligt udvalg af kulører, især polychromat metallic.

Barrierer for pulvermaling er:

- For tyk og ujævn påføring
- Få glanstrin
- Utilstrækkeligt udbud af kulører
- Kulørsvingninger (fra charge til charge)

*M1. Produkter med varme-følsomme dele*

Oparbejdning kan eventuelt ske ved påføring af higher solids malinger med mulighed for forceret tørring ved 80 - 100°C. Alternativer er udelukket (vandige og pulvermalinger), da disse kræver høj hærdetemperatur.

*M2. Produkter med bunden fremgangsmåde*

Producenter af busser er bundet til at anvende samme fremgangsmåde og materialer som udenlandske konkurrenter. I modsat fald vil produktet ikke opnå accept hos kunden. Fremgangsmåden er som for reparationsmaling af automobiler, jvf. Miljøstyrelsens projekt: 'Anvendelse af mindre miljøbelastende malematerialer ved reparationsmaling af automobiler'.

*M3. Midlertidig behandling*

Indendørs bygningselementer, der færdigmales efter montage (i bygningen) kan umiddelbart males med vandfortyndbar grundmaling. Varmehærdning ved 100°C eller mere anbefales. Vandfortyndbar grundmaling er følsom for fugtpåvirkning, og produktet bør ikke oplagres udendørs i tidsintervallet mellem fabrik og montage.

## 5 Sammen drag

### *Projektets formål*

Projektets målsætning er at udvikle og afprøve et sæt repræsentative nøgleparametre (miljøindikatorer) til beskrivelse af miljøbelastningen fra 'branchen for overfladebehandling'. Nøgletallene (dvs. værdierne af nøgle-parametrene) skal om muligt kunne:

- belyse branchens miljøstatus og udvikling i denne
- fange forskydninger mellem miljøbelastning og teknologisk niveau
- fortælle om spredningen i branchens miljøbelastning
- afspejle sammenhængen mellem miljøbelastning og BAT (BAT = best available technology = bedste tilgængelige teknologi)
- sige noget om miljøbelastning i livscyklusperspektiv

### *Nøgleparametrene*

Der er udviklet følgende nøgleparametre:

- Driftsrelaterede nøgleparametre for virksomhedens miljøbelastning.
- Miljøparametre på virksomhedsniveau visende branchens miljøstatus. Disse udvikles på basis af de driftrelaterede nøgleparametre.
- Sammenlignende miljøparametre på brancheniveau, der giver brugen af BAT og sammenhængen mellem BAT og miljøbelastning.

### *Referenceramme - branchernes særkende og forventede miljøbelastning*

Vi har i nærværende rapport udarbejdet en referenceramme for brancherne galvanopbehandling, varmforzinkning og organisk overfladebehandling. Referencerammen fremstår som en beskrivelse af branchernes særkende understøttet af et skema, der viser branchernes forventede miljøbelastning. Referencerammen viser, hvor branchernes væsentligste miljøbelastning må forventes at forekomme. De kemiske egenskaber af typiske råvarer, reaktanter og produkter analyseres i relation til giftighed, bionedbrydelighed, mobilitet, osv. Efterfølgende vurderes typiske fremstillingsmetoder med fokus på processtype og -effektivitet, sideprodukter, intern separation, udstyr samt andre anlægskarakteristika.

### *Den galvaniske branche*

Miljøbelastningen fra galvanisk produktion består hovedsageligt af tungmetaltholdigt spildevand med lav BOD (mål for iltforbrug ved biologisk nedbrydning) og meget højt indhold af opløste salte (TDS). Hertil kommer tungmetaltholdige filterkager (fast affald), idet indholdet af tungmetal i spildevand normalt reduceres ved metalhydroxidfældning. Nedslidte procesbade og flydende olieaffald vil forekomme lejlighedsvis. Emission til luften er i praksis uden betydning for det ydre miljø. Aerosoldannelse kan medføre et dårligt arbejdsmiljø i produktionslokalet.

Galvanobranchen omfatter ca. 100 virksomheder. Nøgletallene (dvs. værdierne af parametrene) viser, at branchen udleder ca. 3 ton tungmetal per år direkte med spildevandet. Desuden producerer branchen omkring 2.000 ton metalhydroxid filterkager per år, svarende til i gennemsnit 20 ton per virksomhed. (Det tilsvarende tal for Japans ca. 3000 galvanovirksomheder er 100.000 ton/år, svarende til 33 ton per virksomhed. Størrelsesordenen af den beregnede miljøbelastning synes således at være rigtig). Nøgletalsberegningen viser, at belastningen kan reduceres med 30 - 40 pct, hvis løngalvanisørerne opnår samme niveau som galvanopbehandling afdelingerne, dvs. af-

delinger i virksomheder, der galvaniserer egne produkter i modsætning til løngalvanisører. Renere teknologi i alle virksomheder vil tilsvarende reducere den producerede slammængde til ca. 40 ton/år. Følsomhedsanalysen afslører endvidere, at branchens mest forurenende virksomhed vil udlede omkring 2.300 kg tungmetal årligt direkte med spildevandet, mens den reneste virksomhed vil kunne opsamle og genvinde ca. 100 kg tungmetal per år. Emissionen fra denne virksomhed vil være stort set nul. Branchens årlige vandforbrug er estimeret til ca. 1 mio m<sup>3</sup> vand. Erfaringer viser, at dette tal kan halveres ved 'good house keeping'. Vandudledningen kan reduceres med mindst 95 % ved anvendelse af BAT; (jævnfør Miljøprojekt nr. 162). Det årlige el-forbrug er estimeret til ca. 40 GWh/år. Start/stop ure på ventilatorer og varmelegemer til badopvarmning kan halvere forbruget.

#### *Varmforzinkerne*

Miljøbelastningen fra varmforzinkning består af røg fra zinkgryden. Røgen indeholder ammoniumklorid og zink. Der produceres desuden fast affald i form af hårdzink, zinkaske og jernhydroxidslam fra flusbadsgenvinding eller fra afgiftning af bejdse og flusbad. Alternativt bortskaffes affedtere, bejdse og flusbad som flydende affald via Kommune Kemi. Spildevandsudledningen fra branchen er på det nærmeste elimineret. Det høje energiforbrug giver indirekte luftforurening via kraftværkerne. Branchens miljøbelastning fra en årlig produktionen på 100.000 ton gods er:

Zinkforbrug	10.000 ton/år
Koncentreret saltsyre	4.000 ton/år
Flusmiddel (NH <sub>4</sub> Cl)	200 ton/år
Total energi	90 GWh/år
Produktion af hårdzink (3% Fe, 97% Zn)	1.000 ton/år
Produktion af zinkaske (ZnO)	2.000 ton/år
Produktion af filterkage (14% Fe)	500 ton/år
Produktion af affaldssyre	5.000 ton/år
Produktion af flusaffald	400 ton/år
Produktion af kasseret affedterbad	200 ton/år
Støv fra zinkgryde	30 ton/år

#### *Organisk overfladebehandling*

Miljøbelastningen fra organisk overfladebehandling kendetegnes ved emission af opløsningsmidler og støv. Hertil kommer udledning af spildevand samt produktion af fast og flydende affald så som indtørrede malingsrester og spild fra påføringsoperationerne. Ressourceforbruget af både vand og energi er betragteligt.

Det har ikke været muligt at opstille nøgletal for branchens miljøbelastning på grund af branchens inhomogenitet.

#### *Facts om nøgletal for branchen for overfladebehandling*

De enkelte virksomheder kan opstille driftsrelaterede nøgleparametre og udregne nøgletal, der afspejler virksomhedens miljøbelastning. Nøgletallene tillader ikke sammenligning virksomhederne imellem, idet hver virksomhed har et sæt anlægs- og proceskonstanter, der er individuelle. Nøgletal på virksomhedsniveau vil have mindst en usikkerhed på en faktor 10, hvis de overhovedet kan opstilles.

For galvano og varmforzinkning er klassifikation af virksomhederne efter branche, organisationsgrad og teknologisk niveau mulig. Nøgletal frem-

står som index. Virksomhedens størrelse målt i antal ansatte har ingen betydning for miljøbelastningen, hvorimod graden af organisering har afgørende betydning. Graden af organisering kommer frem ved at sammenligne forholdene hos løngalvanisører contra galvano afdelinger.

For galvano og varmforzinkning tyder en sammenligning af de forskellige miljøgennemgange på, at produkttyper ikke har nogen større betydning for miljøbelastningen. Det er mængden og det behandlede overflade areal, der betyder noget.



# Bilag 1 Spørgeskema til spredningsundersøgelsen

"Goddag. Mit navn er {...} og jeg ringer fra Danmarks tekniske Universitet, hvor vi foretager en undersøgelse af udbredelsen af forurenings-begrænsende og miljøvenlige teknologier i "branchen" for overfladebehandling. Formålet med undersøgelsen er at undersøge om Miljøstyrelsens tilskudsordning for renere teknologi har haft betydning for branchens produktionsforhold. Undersøgelsen omfatter alle branchegrupper indenfor overfladebehandling i Danmark, og vi er derfor meget interesserede i Deres medvirken. De har tidligere modtaget et brev vedrørende undersøgelsen, og jeg vil gerne spørge om det er muligt at aftale et tidspunkt for et interview af ca. 15-20 minutters varighed på et tidspunkt hvor det passer Dem."

## 0. Virksomhed og dato.

0.1. Navn på virksomhed: \_\_\_\_\_

0.2. Adresse for virksomhed: \_\_\_\_\_

0.3. Dato for interview: \_\_\_\_\_

## 1. Interviewperson

*Interview-personen er primært virksomhedens direktør/fabrikschef. Subsidiært kan anvendes en maskinchef, produktionsleder eller anden øverste ansvarlig for virksomhedens produktionsudstyr.*

1.1. Navn på interviewperson:

\_\_\_\_\_

1.2. Titel: \_\_\_\_\_

1.3. Hvad er din uddannelsesmæssige baggrund:

\_\_\_ Folkeskole

\_\_\_ Teknisk Uddannelse

\_\_\_ Anden videregående uddannelse

Uddybes evt.: \_\_\_\_\_

## 2. Generelle forhold

2.1      2.1.1.    Lønvirksomhed eller virksomhed med en overfladeafdeling til egenproduktion.

\_\_\_ Virksomheden er en lønvirksomhed indenfor overfladebehandling (dvs har overfladebehandling som ydelse til eksterne kunder).

\_\_\_ Virksomheden har en overfladeafdeling til egenproduktion.

- 2.1.2. Hvilken del af "branchen" for overfladebehandling tilhører virksomheden:
- \_\_\_ Galvano, Anodisering, Print, Fosfatering
- \_\_\_ Varmforzinkning
- \_\_\_ Organisk overfladebehandling.
- 2.1.3. Hvilken produktion udfører virksomheden.
- 2.1.3.1. F.eks printplader, lamper, stole, elmaster, lønvirksomhed mv. (åbent spørgsmål).
- \_\_\_\_\_
- 2.1.3.2 Kun hvis virksomheden har organisk overfladebehandling (jvf spørgsmål 2.1.2) skal dette spørgsmål besvares.  
Udfører virksomheden organisk overfladebehandling på produkter, der kan karakteriseres som:
- \_\_\_ Grovvarer med mindre krav. F.eks containere, landbrugsmaskiner
- \_\_\_ Grovvarer med større krav. F.eks vejmaskiner, facadepartier ( i metal profiler)
- \_\_\_ Finere produkter med mindre krav. F.eks ståltromler, radiatorer, ståltreoler, køleskabe, stålmøbler (stel), lysstofarmaturer, VVS-armaturer (professionelt brug)
- \_\_\_ Finere produkter med større krav. F.eks lampeskærme, kontormaskiner, cykler, VVS-armaturer (privat brug)
- \_\_\_ Produkter med varmefølsomme dele. F.eks pumper, hydrauliske dele
- 2.2. Er virksomheden del af en større koncern?
- \_\_\_ Ja
- \_\_\_ Nej
- 2.3. Hvis virksomheden er del af en større koncern, hvilken:
- \_\_\_\_\_
- 2.4. Hvilket årstal er virksomheden oprettet? \_\_\_\_\_
- 2.5. Hvis virksomheden er oprettet før 1975: Er produktionen udvidet siden oprettelsen?
- \_\_\_ Ja
- \_\_\_ Nej
- 2.6. Antal ansatte (indeværende år): \_\_\_\_\_ (fra Kompass)



- 2.7. Hvem er virksomhedens hovedleverandør af anlæg, udstyr og materialer indenfor de forskellige funktionsområder:

Kemikalier. \_\_\_\_\_  
Malevarer. \_\_\_\_\_  
Anlæg til afrensning. \_\_\_\_\_  
Anlæg til sprøjtning. \_\_\_\_\_  
Ovne. \_\_\_\_\_  
Conveyer. \_\_\_\_\_  
Kraner. \_\_\_\_\_  
Kar og bade. \_\_\_\_\_

### **3. Miljøforhold**

- 3.1. Har virksomheden en miljøgodkendelse efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 5, enten af hele virksomheden eller af dele af virksomheden?

☐ Ja  
☐ Nej (gå til 3.6)

- 3.2. Hvis ja, hvornår er virksomheden første gang miljøgodkendt?  
\_\_\_\_\_ (årstal)

*(Hvis der er flere godkendelser eller hvis godkendelsen evt. er revideret kan angives flere årstal).*

Evt. forklaring: \_\_\_\_\_

- 3.3 -  
3.4 -  
3.5 -

- 3.6. Hvis virksomheden afleder til kommunalt renseanlæg, betales der da foruden det almindelige vandafledningsafgift også særbidrag for særligt forurenede spildevand?

☐ Ja  
☐ Nej

- 3.7. Er der opnået nogen form for rabat på vandafledningsafgift eller særbidrag?

☐ Ja (evt. hvilken: \_\_\_\_\_)  
☐ Nej

- 3.8. Findes der en medarbejder med særligt ansvar for miljøforhold på virksomheden?

☐ Ja  
☐ Nej

- 3.9. Har virksomheden en "miljøpolitik", enten nedskrevet på et stykke papir eller som en tankegang der styrer virksomhedens beslutninger?

☐ Ja  
☐ Nej

#### **4. Kendskab til renere teknologi**

4.1. Kender du til begrebet "renere teknologi" (ja/nej)

☐ Ja  
☐ Nej

4.2. Efter din opfattelse, indebærer "renere teknologi" da:

4.2.1. rensning af spildevand

☐ Ja  
☐ Nej

4.2.2. Recirkulation, så f.eks kemikalieaffald til Kommunekemi bliver opkoncentreret og derved mindre.

☐ Ja  
☐ Nej

4.2.3. Vandbesparelser

☐ Ja  
☐ Nej

4.2.4. Filter i luftudtaget til fjernelse af f.eks organiske opløsningsmidler

☐ Ja  
☐ Nej

4.2.5. Formindsket forurening gennem bedre udnyttelse af spild og affaldsprodukter

☐ Ja  
☐ Nej

4.3. Har du kendskab til, at man kan få offentlige tilskud til udvikling af renere teknologi?

☐ Ja  
☐ Nej (gå til 4.6)

4.4. Har du kendskab til et eller flere af de projekter, der har modtaget støtte fra Miljøstyrelsens tilskudsordning for udvikling af renere teknologi (*tilskudsordningen styres af Genanvendelsesrådet*)?

☐ Ja  
☐ Nej (gå til 4.6)

Hvis ja, hvilke? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- 4.5. Hvis ja, hvorfra har du (eller andre på virksomheden) kendskab til renere teknologi projekter i "branchen" for overfladebehandling? Jeg vil nu nævne nogle forskellige muligheder, og bede dig svare ja eller nej til om det er gennem dem du har opnået kendskab til renere teknologi projekterne.

(sæt kryds ved de kilder til viden, som respondenterne svarer ja til)

- ☐ gennem maskinleverandøren
- ☐ gennem farveleverandøren
- ☐ gennem konsulenter/rådgivere
- ☐ gennem fagblade
- ☐ gennem brancheorganisationerne
- ☐ gennem kontakt med andre virksomheder i branchen iøvrigt
- ☐ gennem kontakt til medarbejdere i Miljøstyrelsen
- ☐ gennem generelt materiale fra Miljøstyrelsen
- ☐ gennem kontakt til medarbejdere i kommunen
- ☐ gennem kontakt til medarbejdere i amtskommunen
- ☐ gennem kontakt til medarbejdere i Arbejdstilsynet
- ☐ gennem kontakt til BST (Bedriftssundhedstjenesten)
- ☐ gennem Teknisk Skole
- ☐ gennem kontakt til en læreanstalt eller universitet
- ☐ gennem landsdækkende eller regionalt radio eller TV
- ☐ gennem aviser og dagblade
- ☐ gennem andre kilder; hvilke: \_\_\_\_\_

- 4.6. Har du læst en eller flere af Miljøstyrelsens udgivelser om renere teknologi i "branchen" for overfladebehandling.

- ☐ Ja (gå til 4.8.)
- ☐ Nej

- 4.7. Hvis nej, har du kendskab til at andre medarbejdere på virksomheden har læst en eller flere af Miljøstyrelsens udgivelser om renere teknologi i "branchen" for overfladebehandling?

- ☐ Ja
- ☐ Nej

- 4.8. Synes du det er "meget vanskeligt", "noget vanskeligt", "nemt" eller "særdeles nemt" at opnå informationer om mulighederne for at anvende renere teknologi?

- ☐ meget vanskeligt
- ☐ noget vanskeligt
- ☐ nemt
- ☐ særdeles nemt
- ☐ ved ikke

Evt. uddybende kommentar: \_\_\_\_\_

- 4.9. Har virksomheden anskaffet nyt produktionsudstyr indenfor de seneste 3 år (siden 1990)?

- ☐ Ja
- ☐ Nej (gå til 4.11)

- 4.10. Har virksomheden i den forbindelse overfor leverandøren efterspurgt udstyr med:
- 4.10.1. Lavere forbrug af vand  
☐ Ja  
☐ Nej
- 4.10.2. Lavere forbrug af elektricitet  
☐ Ja  
☐ Nej
- 4.10.3. Der formindsker eller sibstituerer farlige stoffer og materialer (f.eks tungmetaller eller organiske opløsningsmidler)  
☐ Ja  
☐ Nej
- 4.10.4. Der iøvrigt forårsager mindre forurening?  
☐ Ja  
☐ Nej
- 4.11. Har virksomheden anvendt professionelle rådgivere udefra til at gennemgå produktionen med henblik på at reducere spild af vand, affald og energi eller til substitution af farlige stoffer og materialer?  
☐ Ja  
☐ Nej
- 4.12. Har virksomheden på andre områder anvendt professionel rådgivning udefra (fx. markedsføring, eksportmarkeder mv).  
☐ Ja; hvilket område: \_\_\_\_\_  
☐ Nej.
- 4.13. Påtænker virksomheden at anvende rådgivere udefra til at gennemgå produktionen med henblik på at reducere spild af vand, affald, energi og/eller brugen af farlige stoffer og materialer?  
☐ Ja  
☐ Nej

## 5. Konkrete "renere teknologi" løsninger og metoder.

Jeg vil nu nævne nogle konkrete 'renere teknologier' og metoder og bede dig oplyse om du kender disse. Hvis ja vil jeg gerne høre, om de anvendes på virksomheden, om I påtænker at anvende dem inden for den nærmeste fremtid eller om I har besluttet ikke at anvende dem foreløbigt.

### **A. Skal kun besvares af galvanovirksomheder. (Galvano, anodisering, print og fosfatering)**

#### **5.1. Ionbytning er ofte benyttet til skyllevandsgenbrug.**

##### **5.1.1. Har du kendskab til denne teknologi?**

- ☐ Ja  
☐ Nej

##### **5.1.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?**

- ☐ Ja , ved hvilke bade: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

##### **5.1.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.**

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

##### **5.1.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?**

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

#### **5.2. Skyl i modstrøm ved procesbadene**

##### **5.2.1. Har du kendskab til denne teknologi?**

- ☐ Ja  
☐ Nej

##### **5.2.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?**

- ☐ Ja , ved hvilke bade \_\_\_\_\_  
☐ Nej

##### **5.2.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.**

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

##### **5.2.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?**

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

#### **5.3. Genvinding af metaller ved elektrolyse og elektrodialyse**

##### **5.3.1. Har du kendskab til denne teknologi?**

- ☐ Ja  
☐ Nej

##### **5.3.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?**

- ☐ Ja , ved hvilke bade \_\_\_\_\_  
☐ Nej

##### **5.3.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.**

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

##### **5.3.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?**

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.4 Der kan benyttes speciel miljøvenlig badkemi til vedligehold af procesbade.

5.4.1. Har du kendskab til denne teknologi?

☐ Ja

☐ Nej

5.4.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja , ved hvilke bade \_\_\_\_\_

☐ Nej

5.4.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_

☐ Nej

5.4.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja

☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.5 Der kan benyttes omvendt osmose til afsaltning af vandværksvand.

5.5.1. Har du kendskab til denne teknologi?

☐ Ja

☐ Nej

5.5.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja

☐ Nej

5.5.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_

☐ Nej

5.5.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja

☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.6 Der kan benyttes vådscrubning til rensning af gasser.

5.6.1. Har du kendskab til denne teknologi?

☐ Ja

☐ Nej

5.6.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja , ved hvilke bade \_\_\_\_\_

☐ Nej

5.6.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_

☐ Nej

5.6.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja

☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.7 Der kan benyttes ultrafiltrering til affedtningsbade.

5.7.1. Har du kendskab til denne teknologi?

☐ Ja  
☐ Nej

5.7.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja  
☐ Nej

5.7.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.7.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

**B. Skal kun besvares af varmforzinkningsvirksomheder.**

5.8 Der kan benyttes regenerering af flussbade.

5.8.1. Har du kendskab til denne teknologi?

☐ Ja  
☐ Nej

5.8.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja  
☐ Nej

5.8.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.8.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.9 Der kan benyttes vådscrubning til rensning af gasser.

5.9.1. Har du kendskab til denne teknologi?

☐ Ja  
☐ Nej

5.9.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja , i hvor stor udstrækning? (Et slag på tasken i %) \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.9.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.9.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.10 Der kan benyttes ultrafiltrering til affedtningsbade.

5.10.1. Har du kendskab til denne teknologi?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.10.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.10.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.10.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.11 Der kan benyttes biologisk affedtning.

5.11.1. Har du kendskab til denne teknologi?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.11.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.11.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.11.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

**C. Skal kun besvares af virksomheder med organisk overfladebehandling.**

5.12 Der kan benyttes modstrømsskylning.

5.12.1. Har du kendskab til denne teknologi?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.12.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.12.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.12.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_



5.13 Der kan benyttes olieudskilning ved ultrafiltrering , biologisk eller ved dampkompression

5.13.1. Har du kendskab til denne teknologi?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.13.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.13.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.13.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.14 Der kan benyttes malinger med lavt indhold af organiske opløsningsmidler (bl.a. vandige og pulvermalinger)

5.14.1. Har du kendskab til denne teknologi?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.14.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.14.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.14.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.15 Der kan benyttes elektroforese / elektrodypning.

5.15.1. Har du kendskab til denne teknologi?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.15.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.15.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.15.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.16 Der kan benyttes elektrostatisk sprøjtning.

5.16.1. Har du kendskab til denne teknologi?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.16.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.16.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.16.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.17 Der kan benyttes automatisk emneaflysning

5.17.1. Har du kendskab til denne teknologi?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.17.2. Anvendes denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.17.3. Er der tekniske problemer i forbindelse med brugen af denne teknologi.

- ☐ Ja, da hvilke: \_\_\_\_\_  
☐ Nej

5.17.4. Påtænker I at anvende denne teknologi på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

**D. For alle virksomheder i branchen**

5.18. Miljøstyring og miljøledelsesstandarder er systematisk metoder til at styre og nedbringe virksomhedens miljøbelastning.

5.18.1. Har du kendskab til denne metode?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.18.2. Anvendes denne metode på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej

5.18.3. Påtænker I at anvende denne metode på virksomheden?

- ☐ Ja  
☐ Nej, hvorfor: \_\_\_\_\_

5.19. Livscyklusvurderinger.

5.19.1. Kender du til begrebet livscyklusvurderinger for produkter eller materialer

☐ Ja  
☐ Nej

5.19.2. Anvender I sådanne vurderinger på jeres virksomhed?

☐ Ja  
☐ Nej

5.19.3. Påtænker I at anvende sådanne vurderinger på jeres virksomhed?

☐ Ja  
☐ Nej

5.20. Har din virksomhed iøvrigt på eget initiativ gennemført forsøg med eller udvikling af renere teknologi?

☐ Ja  
☐ Nej

Hvis ja, hvad gik forsøget/udviklingen ud på, og hvordan var erfaringerne? (åbent spørgsmål)

---

---

---

**6. Belysning af interesse for konkrete projekter**

*Dette afsnit med spørgsmål skal kun besvares af virksomheder, der har implementeret eller påtænker at implementere en eller flere renere teknologi løsninger. For virksomheder der slet ikke anvender renere teknologi og som ikke påtænker at gøre det, gå videre til næste afsnit.*

6.1. Hvad er den omtrentlige størrelse af den/de investeringer som virksomheden har foretaget i renere teknologi?

\_\_\_\_\_ (kr.)

6.2. Hvad er da den anslåede pay-off tid - dvs. hvor mange år vil den/de være om at tjene sig selv hjem)

(ca. antal år) \_\_\_\_\_

- 6.3. Jeg vil nu nævne nogle faktorer der kunne tænkes at have haft betydning for jeres beslutning om at anvende renere teknologi, og jeg vil gerne bede dig svare ja eller nej til om de nævnte faktorer havde betydning for jeres beslutning.

*(sæt kryds ved de faktorer, hvor respondenterne svarer ja)*

- ☐ Vandmiljøplanen
- ☐ krav om miljøgodkendelse
- ☐ påbud fra miljømyndighederne (*incl. arbejdstilsynet*)
- ☐ stigende gebyrer for afledning af spildevand
- ☐ tilskud under støtteordningerne for renere teknologi
- ☐ investeringen kan betale sig,
- ☐ ønske fra miljøgrupper
- ☐ ønske fra medarbejderne
- ☐ ønske fra en eller flere virksomheder der aftager virksomhedens produkter
- ☐ ønske om at styrke virksomhedens miljøprofil
- ☐ ønske om at være på forkant med miljøkravene
- ☐ andet

- 6.4. Såfremt virksomheden har implementeret renere teknologi: Hvordan har driftserfaringerne været? (åbent spm.)

---

---

---

- 6.5. Vil du generelt karakterisere driftserfaringerne som meget gode, gode, dårlige, eller meget dårlige?

- ☐ meget gode
- ☐ gode
- ☐ dårlige
- ☐ meget dårlige
- ☐ ved ikke

- 6.6. Er den tilsigtede miljøeffekt opnået?

- ☐ Ja, fuldt ud.
- ☐ Ja, delvis
- ☐ Nej, kun i ringe grad
- ☐ Nej, slet ikke
- ☐ Ved ikke

- 6.7. Er der andre kommentarer vedrørende miljøeffekten?

---

---

---

## **7. Økonomi**

- 7.1. Hvad er omtrentligt virksomhedens årlige omsætning? (oplyses kun, hvis ikke oplyst i Kompass)  
\_\_\_\_\_ (mio. kr.)

7.2. Hvad er omtrentligt den årlige udgift til vandforbrug (vand + spildevand) (i 1992)

---

7.3. Hvad er omtrentligt den årlige udgift til elektricitet?

---

7.4. Hvad er omtrentligt den årlige udgift til renovation?

---

7.5. Hvad er omtrentligt den årlige udgift til bortskaffelse af kemikalieaffald?

---

## **8. Holdninger**

Jeg vil nævne nogle påstande der ofte høres i debatten om virksomhederne og miljøet, og jeg vil gerne vide hvorvidt du vil erklære dig : "Helt enig", "overvejende enig", "overvejende uenig", eller "helt uenig" i udsagnene. Først vil jeg præsentere dig for nogle påstande der vedrører forholdet mellem miljø og virksomheden, og jeg vil gerne vide om du synes påstanden også gælder for din virksomhed.

- 8.1. "Miljøhensyn i produktionen er vigtige for markedsføringen og salget af virksomhedens produkter"
- ☐ Helt enig
  - ☐ Overvejende enig
  - ☐ Overvejende uenig
  - ☐ Helt uenig
  - ☐ Ved ikke
- 8.2. "Indførelse af nye og ressourcebesparende teknologier er tidskrævende og svækker virksomhedens konkurrenceevne"
- ☐ Helt enig
  - ☐ Overvejende enig
  - ☐ Overvejende uenig
  - ☐ Helt uenig
  - ☐ Ved ikke
- 8.3. "Det er vigtigt for virksomheden at være på forkant med miljøkravene til branchen"
- ☐ Helt enig
  - ☐ Overvejende enig
  - ☐ Overvejende uenig
  - ☐ Helt uenig
  - ☐ Ved ikke
- 8.4. "Besværet ved frivilligt at søge forureningen begrænset (udover det som lovgivningen kræver) opvejes ikke af fordelene"
- ☐ Helt enig
  - ☐ Overvejende enig
  - ☐ Overvejende uenig
  - ☐ Helt uenig
  - ☐ Ved ikke

Herefter vil jeg stille dig nogle spørgsmål der vedrører din egne holdninger til miljøproblematikken:

- 8.5. "Det er nødvendigt at prioritere hensynet til miljøet højere end fortsat økonomisk vækst"
- ☐ Helt enig  
☐ Overvejende enig  
☐ Overvejende uenig  
☐ Helt uenig  
☐ Ved ikke
- 8.6. "Skærpelse af miljøkravene må ikke koste arbejdspladser"
- ☐ Helt enig  
☐ Overvejende enig  
☐ Overvejende uenig  
☐ Helt uenig  
☐ Ved ikke
- 8.7. "I Danmark bliver miljøhensyn prioriteret højt nok"
- ☐ Helt enig  
☐ Overvejende enig  
☐ Overvejende uenig  
☐ Helt uenig  
☐ Ved ikke
- 8.8. "Danmark skal ikke føre en miljøpolitik der lægger sig foran de øvrige 11 EF-lande"
- ☐ Helt enig  
☐ Overvejende enig  
☐ Overvejende uenig  
☐ Helt uenig  
☐ Ved ikke

## **9. Branchens fremtid.**

### **9.1. Integrerede galvanoplanlæg i produktionslinier.**

9.1.1. Vil det i fremtiden være muligt at benytte integrerede galvanoplanlæg i produktionslinier (som f.eks en stor fotokopieringsmaskine)

- ☐ Ja  
☐ Nej

9.1.2. Hvis ja, da ca. hvor mange år fra nu. \_\_\_\_\_

### **9.2. Substitution af stål med aluminium.**

9.2.1. Aluminium vil pga. håndterbarhed, egenskaber og vægt ofte være et bedre alternativ for miljøet end stål. Mener du, at aluminium om 5 år vil vinde stærkt frem på bekostning af stål.

- ☐ Ja,  
☐ Nej

9.2.2. Hvis ja, indenfor hvilke produktgrupper:

---



---

9.3. Substitution af stål med magnesium.

9.3.1. Magnesium vil pga. håndterbarhed, egenskaber og vægt ofte være et bedre alternativ for miljøet end stål. Mener du, at magnesium om 5 år vil vinde stærkt frem på bekostning af stål.

☐ Ja,  
☐ Nej

9.3.2. Hvis ja, indenfor hvilke produktgrupper:

---

---

9.4. Substitution af stål med plastic.

9.4.1. Plastic vil pga. håndterbarhed, egenskaber og vægt ofte være et bedre alternativ for miljøet end stål. Mener du, at plastic om 5 år vil vinde stærkt frem på bekostning af stål.

☐ Ja,  
☐ Nej

9.4.2. Hvis ja, indenfor hvilke produktgrupper:

---

---

9.5. Substitution af stål med teknisk keramik.

9.5.1. Teknisk keramik vil pga. håndterbarhed, egenskaber og vægt ofte være et bedre alternativ for miljøet end stål. Mener du, at teknisk keramik om 5 år vil vinde stærkt frem på bekostning af stål.

☐ Ja,  
☐ Nej

9.5.2. Hvis ja, indenfor hvilke produktgrupper:

---

---

9.6. Brug af enzymer mv. til affedtning, procesbadvedligeholdelse og andet

9.6.1. Enzymer og andre biokemiske stoffer og materialer kan udvikles og bruges til affedtning og vedligehold af procesbade. Forestiller du dig, at det vil vinde stærkt frem om 5 år.

☐ Ja,  
☐ Nej

9.6.2. Hvis ja, indenfor hvilke procestyper:

---

---

Modtage materiale

10. Til sidst vil jeg gerne spørge, om du er interesseret i at få tilsendt en oversigt over resultaterne af undersøgelsen i branchen for overfladebehandling, når de foreligger (foråret 1994)?

☐ Ja  
☐ Nej

-----  
Interviewpersonens eventuelle kommentarer:

Interviewet gennemført af

Navn:

Dato:



## Bilag 2 Driftsrelaterede nøgleparametre i galvano

Energiforbruget til rumopvarmning afhænger af det areal, der skal opvarmes og er uafhængig af produktionens størrelse. Arealet er samtidig relevant, idet arealets størrelse udgør de fysiske rammer for produktionsanlægget. Det specifikke nøgleparametre for rumopvarmning kan udregnes til:

$$Energi_{rum} = 150 \text{ kWh/år/m}^2$$

hvilket er ca. 50% større end for et almindeligt parcelhus. Størrelsesorden af nøgletallet skønnes at være rimelig. Måden, hvorpå rumopvarmningen foretages, varierer derimod med last og energikilde. El-forbruget til rumopvarmning ser ud til at ligge mellem 10 - 30 pct af det total energiforbrug, hvis virksomheden ellers producerer.

Elforbruget på maskinerne (excl ensretterne) er stort set uafhængige af produktionskapaciteten. Forbruget er afhængig af virksomhedens administrative rutiner, dvs. 'good housekeeping'. Forbruget i datamateriale svarer til ca. 40 % af virksomhedens samlede el-forbrug, idet ventilatorerne bruger mest el. Forholdet mellem energi til rumudsugning og energi til maskiner samt forholdet mellem energi til maskiner og virksomhedens totale el-forbrug bruges til at estimere virksomhedens totale el-forbrug.

$$El_{maskiner} = 1.33 \cdot Energi_{rum} = 200 \text{ kWh/år/m}^2$$

$$El_{total} = 2.5 \cdot El_{maskiner} - Energi_{gas'olie'mv}$$

$$= 500 \text{ kWh/år/m}^2 - Energi_{gas'olie'mv}$$

Formlen på det totale elforbrug er testet mod en lille galvanovirksomhed og rammer kun 10 % ved siden af det faktiske elforbrug. Datamaterialet er naturligvis yderst spinkelt.

Elforbruget til metaludfældningen kan relateres til det totale el-forbrug efter følgende formler, der er udledt ved ekstrapolation af data på el-forbruget i galvano:

$$El_{plet} = 3/7 \cdot El_{total} \cdot last(\%)/100$$

$$El_{Me} = 0.25 \cdot El_{plet}$$

Det er givet, at tallene er usikre. Vores datagrundlag tillader desværre ikke en direkte test af formlerne. Formlerne testes indirekte i forbindelse med beregninger af produktionens størrelse. Den udfældede metalmængde samt det behandlede overfladeareal kan beregnes som følger:

$$Me = \alpha kv \cdot (1/S) \cdot El_{Me} \cdot eff$$

$$A_{Me} = (1/l) \cdot (1/\rho) \cdot \text{ækv} \cdot (1/S) \cdot El_{Me} \cdot \text{eff}$$

hvor

Me; udfældet metal, (kg/år)  
 ækv; elektrokemisk ækvivalent, (g/Ah)  
 S; badspænding, (volt)  
 El, Me el tilført badet, (kWh/år)  
 eff; strømudbyttet, (0 → 1)  
 ρ; metallets massefylde, (kg/m<sup>3</sup>)  
 l; udfældet lagtykkelse, (μm)  
 A, Me behandlet overfladeareal, (m<sup>2</sup>)

Typiske data for chrom, nikkel og zink fører til følgende vejledende udtryk for produceret chrom-, nikkel- og zink overflade. Tallenes usikkerhed er på mindst 100 procent; (se diskussion næste side):

$$A_{Ni} = f_{Ni} \cdot El_{Ni} \quad (f_{Ni} = 3-4)$$

$$A_{Cr} = f_{Cr} \cdot El_{Cr} \quad (f_{Cr} = 0.5-1)$$

$$A_{Zn} = f_{Zn} \cdot El_{Zn} \quad (f_{Zn} = 2-3)$$

Badspænding og -effektivitet varierer betragteligt. Lagtykkelsen er endvidere en fri parameter, hvorfor udtrykkene kun kan være vejledende. De typiske lagtykkelser er 7 μm Ni, 0.2-1 μm Cr og 10-12 μm Zn.

Forchromning og forzinkning er de hyppigste overfladebelægninger. I praksis foretages glansforchromning altid på en forniklet overflade. 25% af pletteringsenergien går til udfældning af nikkellaget, mens 75 % går til selve forchromningen. Overfladearealet kan estimeres som følger:

$$A_{Cr \cdot Ni} = f_{Cr \cdot Ni} \cdot El_{Cr \cdot Ni} \quad (f_{Cr \cdot Ni} = 0.5-1)$$

Galvanisørens produktion er sammensat af  $r_{Zn}$  dele forzinkning,  $r_{Cr, Ni}$  dele chrom/nikkel samt  $(1-r_{Zn}-r_{Cr, Ni})$  dele andet. Galvanisøren producerer da følgende antal m<sup>2</sup> per år, idet  $f_{\text{andet}}$  estimeres til 2:

$$A_{Me} = (f_{Zn} \cdot r_{Zn} + f_{Cr \cdot Ni} \cdot r_{Cr \cdot Ni} + 2 \cdot (1 - r_{Zn} - r_{Cr \cdot Ni})) \cdot El_{Me}$$

$$= (f_{Zn} \cdot r_{Zn} + f_{Cr \cdot Ni} \cdot r_{Cr \cdot Ni} + 2 \cdot (1 - r_{Zn} - r_{Cr \cdot Ni})) \cdot 0.25 \cdot El_{plet}$$

Det bemærkes, at fordelingen er en uafhængig parameter, der kan antage alle værdier mellem 0 og 1. Det kan beregnes, at den lille løngalvanisør typisk producerer fra 5.000 → 50.000 m<sup>2</sup> overflade per år afhængig af forudsætningerne. Beregningsresultatet vil kunne afvige med en faktor 10 fra det faktisk producerede areal. De uafhængige nøgleparametre bag det producerede overfladeareal er ordremængden, belægningstypen og tildels lagtykkelsen af det pletterede metallag.

Den væsentligste forurening fra galvanisk produktion stammer fra udslæb af procesbadets kemikalier. Der udslæbes typisk 1 → 3 ml/dm<sup>2</sup> overflade, (TI-kemiteknik 1979) afhængig af emnernes geometri. Multipliseres væske-

mængden med badkoncentrationen, er det muligt at estimere udslæbets størrelse. Usikkerheden varierer med +/- 100 %.

$$Udslæb_{Me} = sp_{ud} \cdot A_{Me} \cdot Conc_{Me} \quad (sp_{ud} = 1-3 \text{ ml/dm}^2)$$

Typiske badkoncentrationer, (Miljøstyrelsen 1992a), for chrom (100 g/l), nikkel (100 g/l) og zink (20 g/l) giver følgende udslæg i kg/år:

$$Udslæb_{Cr} = 0.02 \cdot A_{CrNi}$$

$$Udslæb_{Ni} = 0.02 \cdot A_{CrNi}$$

$$Udslæb_{Zn} = 0.006 \cdot A_{Zn}$$

Hvis virksomheden anvender sparskyl og/eller modstrømsskyl tilbageføres en del til procesbadet. Ved sparskyl genvindes ca. 30 → 50 %. De typiske værdier for modstrømsskyl ligger på 70 → 95 %. Tilbageførslen stiger jo varmere procesbadet er, idet den tilbageførte væskemængde kompenserer for fordampningen. Nikkelbade kører typisk ved 50 °C, glanschrombade ved 38 °C og zinkbade fra 20 → 50 °C.

De tabte tungmetaller fældes som metalhydroxidslam eller fjernes direkte med spildevandet alt afhængig af, om virksomheden har fældningsanlæg eller ej. Koncentrationen i spildevandet fra fældningsanlægget er max 2 mg/l for en velfungerende rensning. Cirka 95% af tungmetallerne fjernes som metalhydroxidslam ved et traditionelt skyllevandsforbrug svarende til en fortyndingsfaktor på 1.000 → 10.000 i selve produktionen.

# Bilag 3

## Tungmetalbelastningen fra galvanobranchen

Estimat af tungmetalbelastningen fra galvanobranchen i Danmark

Basis =	50.000	m2/år/virksomhed	Total	Løngalvaniser	Galvano afdelinger				
			stk.	stk.	stk.				
Antal virksomheder i branchen, skøn			100	82	18				
Antal virksomheder i undersøgelsen			62	51	11				
branchens totale produktion, 1000 m2/år			5000						
branchens totale vandforbrug, 1000 ton/år			1000						
branchens totale elforbrug, GWh/år			40						
<b>Virksomhedsprofil:</b>									
procent af virksomheder, der spæder med sparskyl			70	70	70				
procent af virksomheder, der har modstrømsskyl			55	50	80				
procent af virksomheder, der har fældning			62	60	70				
procent af virksomheder, der har indført BAT			7	5	15				
virksomhedens specifikke udslæb:									
Zink:	Nikkel:	Krom:							
g/m2	6	20							
kg/år/virk	300	1000							
<b>Metalbelastning:</b>									
udslæb, ton/år			Effektivitet,	løn.	afld.	løn.	total	afld.	total
tilbageført via sparskyl, ton/år			% af løb	25	5	82	30	18	100
tilbageført via modstrøm, ton/år			30	5	1	17	6	4	21
tilbageført pga BAT, ton/år			70	7	2	23	9	8	31
metalbelastning på fældning, ton/år			95	1	0	2	1	1	3
tungmetal udledt med spildevand, ton/år			% af løb	12	2	40	14	5	46
produktion af filterkager, (10 wt% MeOHx), ton/år			5	0	0	1	0	0	1
			95	176	23	616	199	81	873
<b>Simulering:</b>									
totalt udledt med spildevand, ton/år				nuværende løst:	løn. til afd. niveau				BAT
total filterkager, (10 wt% MeOHx), ton/år				3	2				0
				1769	1153				40

## Spørgeskemaundersøgelse udført af DGU

antal virksomheder		Branchelindex		varmtzink		anden ovl.	
total antal ansatte		langt galv		galv.ald		galv.ald	
antal ansatte/virksomhed i middel		galv. ald		galv.ald		galv.ald	
Årsag til rt-løsning:		Gruppe:					
krav fra arbejdsskift		1					
krav fra miljølov		2					
generelt anlægsdesign		3					
driftsøkonomi		4					
på forkant		5					
på superforkant		6					
andel		7					
rt-løsning:							
Gruppe:							
1		rumudsugning, punktdugning					
2		luftrensning, vaskerubning, opsamlng af spild, neutralisation, fældning, filterrensning, sandfilter					
3		spraysky, epensky, spædning fra sparsky, sky i modstrøm, afsættel råvand, maling af forbrug, oliestimming					
4		miljøvenlig kemi, vedligehold af procesbad/sparsky, kul-/posellitring, special løsninger					
5		genvinding af metal/kemi/varme/skyllevand, konbryning, omvendt osmose, miljøstyring					
6		elektrolyse, elektrodialyse, mikrofiltrering, ultrafiltrering, inddampning					
7		andet					
		Branchelindex viser, at galvanoiddelingerne er længst med indlærelse af renere teknologi.					
		Galvanobranchen som sådan er længere fremme end specielt varmforzinkning,					
		men også anden uorganisk overladebehandling.					
		Varmforzinkning er den branche, hvor der tilsyneladende er indført mindst renere teknologi.					
		Årsagen skal søges i, at det generelle anlægsdesign er optimalt i forhold til miljøbelastningen.					
		Branchen omfatter 22 virksomheder, hvoraf 18 ikke udlever spildevand					

nr	betegnelse	TOTAL	ef-gældsbehandling			varmforzinkning			anden overfl.			fortsæt			print/fremstilling			brugs%	total	brugs%
			løn	brugs%	afid.	brugs%	total	brugs%	afid.	brugs%	løn	brugs%	afid.	brugs%	løn	brugs%	afid.			
	antal virksomheder	115	51		11		62					11		19		5		9		
	total antal ansatte	1182	410		150		580					63		252		35		52		
	antal ansatte/virksomhed i middel	10	8		14		8					6		13		7		4		
	Gruppe:																			
1	Arbejde til nr-løsning:		75	74	22	100	97	78		43	72	18		25	68	75	10	89		
2	Arbejde til nr-løsning:		133	37	32	42	165	36		66	31	39		36	27	18	51	23		
3	Arbejde til nr-løsning:		181	44	54	61	235	47		120	50	47		73	46	14	60	53		
4	Arbejde til nr-løsning:		122	40	30	45	152	41		60	33	23		37	32	6	21	30		
5	Arbejde til nr-løsning:		88	25	26	34	114	26		43	20	17		26	20	4	13	24		
6	Arbejde til nr-løsning:		14	5	7	13	21	7		6	4	4		7	2	1	4	2		
7	Arbejde til nr-løsning:		2	4	2	18	4	6		2	7	2		0	0	0	1	1		
	nr-løsning:																			
5	formaliseret miljøstyring	25	8	18	4	36	12	19		9	30	3		6	32	2	40	44		
4	miljøvenlig bakkemi	47	21	41	3	27	24	39		10	33	6		4	21	0	3	33		
3	afsluttet vandrevand	61	24	47	8	73	32	52		19	63	9		10	53	2	50	7		
5	genvindning af kemikalier	30	15	29	3	27	18	26		6	20	3		3	16	2	20	3		
5	genvindning af spånvare	29	13	25	2	18	15	24		7	23	5		2	11	0	3	35		
2	opsamlende af spild i lufte sump	62	30	59	7	64	37	60		13	43	4		9	47	3	40	5		
1	punktsugning fra kar	80	35	69	11	100	46	74		21	70	8		13	66	3	5	86		
2	rensning af udsugningsluft for aerosoler	23	11	22	3	27	14	23		4	13	3		1	5	0	0	0		
1	rumventilation	92	40	78	11	100	51	82		22	73	10		12	63	3	75	89		
3	sprayskyl over procesbade	29	12	24	2	18	14	23		10	33	5		5	26	0	2	22		
3	sparskyl	33	10	20	3	27	13	21		14	47	3		9	47	3	60	6		
3	sparskyl	81	42	82	11	100	53	85		19	63	8		11	56	3	75	86		
4	spædning med procesbad fra sparskyl	41	24	47	3	27	27	44		30	30	3		6	32	2	40	4		
3	spædning med procesbad fra sparskyl	68	36	71	8	73	44	71		15	50	6		9	47	2	40	4		
3	skyl i modstrøm	65	26	51	9	82	35	56		19	63	7		12	63	2	50	7		
5	genbrug af skyllevand fra ionbytter	22	14	27	4	36	18	29		4	13	0		4	21	0	0	0		
5	genbrug af skyllevand fra rensningsanlæg	27	13	25	3	27	16	26		5	17	1		4	21	0	1	1		
3	måling/styring af skyllevandsforbrug	61	25	49	10	91	35	56		15	50	5		10	53	2	40	4		
4	vedligehold af procesbade	80	35	69	9	82	44	71		22	73	7		15	78	3	75	76		
4	vedligehold af sparskyl	43	18	35	8	73	26	42		10	33	5		45	5	0	4	44		
3	elektrolyse	3	3	6	0	0	3	5		0	0	0		0	0	0	0	0		
10	elektrolyse	10	6	8	4	36	8	13		1	3	1		9	0	0	1	1		
2	filtrering i posefilter	54	21	41	4	36	25	40		13	43	6		7	37	0	4	44		
23	filtrering i sandfilter	23	8	16	4	36	12	18		7	23	1		6	32	1	20	22		
2	filtrering på aktivt kul	23	4	10	20	1	9	11		6	20	3		3	16	0	3	33		
7	ultrafiltrering	7	16	31	3	27	19	31		1	7	1		9	1	5	1	11		
1	inddampning	11	6	0	0	1	9	1		0	0	0		0	0	0	0	0		
39	nedfældning	39	5	10	1	9	6	10		0	3	10		0	1	25	0	1		
61	nedfældning	61	22	43	5	45	27	44		8	27	3		5	26	0	2	22		
62	metaddestilling	62	31	61	8	73	39	63		13	43	4		7	37	0	4	44		
22	ole skimming	22	3	6	12	3	27	9		9	30	2		18	7	2	0	0		
15	omendst osmose	15	3	6	5	45	8	13		1	4	13		2	11	0	0	0		
13	væskeblanding	13	2	1	2	2	18	3		3	10	3		27	0	0	1	1		
7	andet	8	7	2	4	2	18	4		0	2	7		0	0	0	1	1		
	Balance:		0		0		0			0		0		0		0		0		

foedstøtting		dybdryksvæsker		al-kromatering		anodisering		bugts%		total bugts%		andst	
løn.	bugs%	ald.	bugs%	løn.	bugs%	løn.	bugs%	ald.	bugs%			løn.	bugs%
6	3	9		2	4			1		3		3	
57	20	77		74		48		3		51		56	
10	7	10		19		24		3		24		19	
6	50	2	33	6	75	4	100	2	100	6	100	3	50
8	19	1	5	9	32	7	50	5	71	12	57	7	33
22	46	4	17	19	59	10	63	7	89	17	71	8	33
11	31	1	6	11	46	5	42	2	33	7	36	4	22
8	19	2	10	8	29	4	29	2	29	6	29	2	10
0	0	0	0	0	0	1	10	1	20	2	13	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	100	1	33	0	0
1	17	0	1	1	25	1	50	0	0	1	33	1	33
1	17	1	33	1	25	1	50	0	0	2	67	1	33
4	67	1	33	2	50	2	100	1	100	3	100	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	17	1	33	1	25	2	100	0	0	1	33	1	33
2	33	0	0	1	25	2	100	1	100	3	100	1	33
3	50	0	3	3	75	2	100	1	100	3	100	2	67
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	50	2	67	3	75	2	100	1	100	3	100	1	33
2	33	0	0	2	50	1	50	0	0	1	33	0	0
2	33	0	0	2	50	1	50	0	0	1	33	1	33
2	33	0	0	2	50	1	50	0	0	2	67	2	67
1	17	0	1	1	25	0	0	0	0	0	0	0	0
2	33	1	33	3	75	1	50	1	100	2	67	1	33
4	67	1	33	2	50	2	100	1	100	3	100	2	67
1	17	0	1	2	50	1	50	0	0	1	33	0	0
2	33	0	0	1	25	1	50	0	0	1	33	0	0
2	33	0	0	1	25	1	50	0	0	1	33	0	0
2	33	0	0	3	75	2	100	1	100	3	100	1	33
5	83	0	0	4	100	2	100	1	100	3	100	1	33
2	33	0	0	2	50	1	50	0	0	1	33	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	17	0	1	3	75	1	50	0	0	1	33	0	0
0	0	0	0	4	100	2	100	1	100	3	100	1	33
3	50	0	0	1	25	1	50	0	0	1	33	0	0
2	33	0	0	3	75	0	0	0	0	1	33	1	33
0	0	0	0	1	25	1	50	0	0	1	33	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	17	0	1	3	75	1	50	0	0	1	33	0	0
0	0	0	0	4	100	2	100	1	100	3	100	1	33
3	50	0	0	1	25	1	50	0	0	1	33	0	0
4	67	1	33	1	25	1	50	0	0	1	33	0	0
2	33	1	33	3	75	1	50	0	0	1	33	1	33
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0</

# Litteraturliste

- 1 Arbejdstilsynet (1994); 'Grænseværdiliste for stoffer og materialer'. AT-anvisning nr.3.
- 2 Broberg, Ole (1992); 'Substitution- vejen til sundere hjerner, renere miljø og bedre økonomi'. Ingeniøren nr.20.
- 3 Christensen, Per (1993); 'Galvanobranchen-regulering og innovation'. Institut for Samfundsudvikling og planlægning. Skriftserien nr.87.
- 4 Dankert, Joachim (1992); 'Overfladebelagt stålplade'. Institut for Produktion AUC, Det materialeteknologiske udviklingsprogram.
- 5 Hansen, L.G. (1991); 'Vandafgifter som miljømæssigt styringsmiddel'. Kbh. AKF.
- 6 Krepski, R.P. (oct.1989); 'The influence and Chemical Pretreatment of Zinc Consumption during Hot Dip Galvanizing'. Metal Finishing, p.37-39.
- 7 Miljøstyrelsen (1982); 'Overfladebehandling II'. Miljøprojekt nr.43. Teknologisk Institut.
- 8 Miljøstyrelsen (1990a); 'Miljøvenlige malematerialer i jernindustrien'. Miljøprojekt nr.126.
- 9 Miljøstyrelsen (1990b); 'Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse'. Miljøprojekt nr.140.
- 10 Miljøstyrelsen (1990c); 'Katodisk elektrodypemaling'. Miljøprojekt nr.143.
- 11 Miljøstyrelsen (1990d); 'Renere teknologi i eksisterende galvanovirksomheder'. Miljøprojekt nr.162.
- 12 Miljøstyrelsen (1990e); 'Begrænsning af luftforurening fra virksomheder'. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr.6.
- 13 Miljøstyrelsen (1991); 'Miljøvenlig affedtning i jernindustrien'. Miljøprojekt nr.159.
- 14 Miljøstyrelsen (1992a); 'RENTEK-databasen'.
- 15 Miljøstyrelsen (1992b); 'RENTEK:Informationssystemet om renere teknologi'.
- 16 Miljøstyrelsen (1992c); 'Danmarks fremtidige vandforsyning'. Vandrådet. Betænkning nr.1.



- 17 Miljøstyrelsen (1993a); 'Begrænsninger af luftforurening fra virksomheder'. Luftvejledning.
- 18 Miljøstyrelsen (1993b); 'Chromfri kemisk forbehandling af aluminium'. Miljøprojekt nr.230.
- 19 Miljøstyrelsen (1993c); 'Brancheorientering nr.3. Brancheorientering for varmforzinkningsindustrien'. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr.3.
- 20 Miljøstyrelsen (1993d); 'Brancheorientering nr.6. Brancheorientering for galvanobranchen'. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr.6.
- 21 Miljøstyrelsen (1994a); 'Vandig affedtning og affedtning i chlorerede opløsningsmidler'. Miljøprojekt nr.xx (endnu ikke udgivet).
- 22 Miljøstyrelsen (1994b); 'Vandmiljø 1994.'
- 23 O2 Danmark (1993); 'Design, Materialer, Miljø'. Borgens Forlag.
- 24 Thomas, Rune og Wallin, T. (1989); 'Håndbog om varmforzinkning'. Nordisk forzinkningsforening, Stockholm.
- 25 TI-kemiteknik (aug.1979); 'Projektrapport 87-3118711. Vandbesparende skylleprocesser-specielt sprayskyldning'. Teknologirådet.
- 26 Wenzel, Henrik *et al* (1994); 'Resource consumption as an assessment criterion in LCA'. Draft IPU, DTU.

### Samtaler

- 1 Andresen, Otto (1994): Novo Nordisk A/S, afdelingen for glykolopider (Bioindustrial Group).
- 2 Christiansen, Jesper D. : Institut for Produktion, AUC.
- 3 Dahl, Flemming (1994);A: Miljøkemi.
- 4 Dahl, Flemming;B : Miljøkemi, Dansk Miljø Center A/S.
- 5 Degn, Lars Peter (1994): Formand for 'Foreningen af Danske Varmforzinkere(FDV)'.
- 6 Hauschild, Michael (1994):
- 7 Jensen, Mogens : Landsformand for 'Foreningen for Automobil og Industrilakerer (FAI)'.
- 8 Jensen, Niels Lund (1994): DTI- afdelingen for plastteknologi.
- 9 Klausen, Henning : Formand for 'Industrilakerenes Landsforening (IL)'.

- 10 Løkkegaard, Kristian (1994): K.L.Engineering Aps.
- 11 Meyer, Per : Danfoss.
- 12 Møller, Per (1994): Institut for produktudvikling, DTU.
- 13 Nielsen, Ralph (1994): Formand for 'Sandblæse- og Maleentreprenørforeningen (SME)'.
- 14 Nørregaard, Michael (1994): Direktør for sekretariatet 'Foreningen for Automobil- og Industrilakerer (FAI)'.
- 15 Rachlitz, Marianne (1994): DTI- afdelingen for plastteknologi.
- 16 Stelmaszczyk, Jan (1994): Formand for foreningen 'Dansk Galvanisør Union'.
- 17 Stræde, Christen A. (1994): Centerleder 'Tribologicenter', DTI, Århus.

Pris kr. 75,- (inkl. 25% moms)

ISSN 0908-9195  
ISBN 87-7810-382-7

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**  
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00